© RICCIARINI/LEEMAGE - DEAGOSTINI/LEEMAGE - WEGGERS COLLECTIONS.P.A./COSMOS – KEYSTONE - APPLE - KUIYK/AFP

SCIENCES ET AVENIR
Sciencesetavenir.fr

Découverte

ANOREXIE
p.62

Des bactéries sont en cause

Qu'est-ce que le génie
p.26

Les profils en "décagone" et 5 qualités cognitives décryptés par la science

M 02667 - 815 - F: 4,30 € - RD

JANVIER 2015 - N° 815 - BELGIQUE 4.90 € / LUXEMBOURG 4.90 € / SUISSE 7.70 FS / AUTRICHE 4.90 € / ESPAGNE 5.00 € / ITALIE 4.90 € / ALLEMAGNE 6.80 € / PORTUGAL 4.90 € / GRÈCE 4.90 € / GUYANE 4.90 € / ANTILLES - RÉUNION 4.70 € /MAROC 42. MAD / TUNISIE 5.80 TND / CANADA 6.99$ CAN / ETATS-UNIS 6.99 $ US / TOM 730 XPF / TOM (AVION) 1400 XPF

BIENTÔT 30 ANS D'ENGAGEMENT EN FAVEUR DES PLUS DÉMUNIS

MERCI

Grâce à vous, en 2013/2014, les Restos du Cœur ce sont

- **1 million de personnes accueillies**
- **130 millions de repas distribués**
- **40 000 bébés** de moins de 18 mois aidés dans 86 Restos Bébés du Cœur
- **67 600 bénévoles**
- **Seulement 7,3% de frais généraux**

... et de nombreuses solutions pour **aider les plus fragiles à s'en sortir durablement**

on compte sur vous

Coluche

© Gaston BERGERET - Nous Deux

Pour que cela puisse continuer, FAITES VOTRE DON sur www.restosducoeur.org/dons ou en flashant le QR code

ou envoyez votre chèque sous enveloppe non-affranchie à :
Les Restaurants du Cœur – Libre Réponse 53061 – 91129 Palaiseau Cedex

Retrouvez-nous aussi sur

DON en CONFIANCE

LES RESTAURANTS DU CŒUR
LES RELAIS DU CŒUR

ÉDITO

Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Éclair de génie

Je ne sais pas pour vous, mais l'idée du génie fait un peu le même effet, semble-t-il, que celle du temps à saint Augustin : *« Si personne ne me demande, je sais. Si on me le demande et que je veux l'expliquer, je ne sais plus. »* C'est davantage que l'intelligence, que l'aptitude, que le talent, voire la chance… mais il faut tout cela aussi pour qu'il émerge. Avec ce je ne sais quoi et ce beaucoup plus que rien, qui le rendent presque palpable.

Alors, quand nous avons décidé, à *Sciences et Avenir*, de monter pareil sujet en couverture, force à été d'abord de s'atteler à ce qui pourrait ressembler à une définition ! Vous vous réjouirez peut-être, en tout cas nous l'espérons, quand vous découvrirez que les scientifiques, s'étant pris au jeu du génie et débusqués par notre spécialiste *(p. 26)*, se retrouvent à travailler dur… Quelques pour cent d'inspiration et pas mal de transpiration, sans oublier l'art d'affronter les controverses. Regardez plutôt notre couverture.

Il y a fort à parier que vous aurez sans hésitation attribué à Einstein et aussi à Mozart le qualificatif de génie, ici mis en exergue. À preuve, leur puissance créatrice à tous deux. Pour le premier, ce fut dans la vision renouvelée qu'il a apportée du monde, de l'infiniment petit à l'infiniment grand (1). Pour le second, on pense évidemment virtuosité ainsi qu'extraordinaire capacité à renouveler l'univers tout entier de la musique… En revanche, avouez-le, vous n'avez pas forcément reconnu dans l'instant le grand barbu de gauche — mais oui, c'est Léonard de Vinci. Maintenant que vous êtes sûrs de son identité, plus de doute : son ingéniosité le place au Panthéon des génies… Mais que penserez-vous de Marie Curie ? La grande scientifique aux deux prix Nobel, l'un de physique et l'autre de chimie, double récompense qui n'a été obtenue que par trois autres scientifiques (2). À n'en pas douter, certains s'interrogeront sur le bien-fondé du qualificatif de génie à son endroit. Pourquoi ? Hors tout soupçon de misogynie… Cela tiendrait-il à une moindre connaissance de ce qu'elle a apporté au monde de la science et au-delà ? Aux *a priori* (oui, mais lesquels ?) sur ce que devrait être l'apparence du génie… Il y aura les mêmes interrogations, on serait prêt à le parier, à propos de Steve Jobs (et sa pomme). Une chose est sûre : la réussite et le talent fascinent tellement qu'ils peuvent même faire virer certains chercheurs et labos vers une quête obsessionnelle d'explications simples (simplistes). Depuis quelques années, ne voit-on ainsi pas se développer une recherche plus fantasmatique que scientifique, celles des gènes de l'intelligence ? Alors que le fameux QI, c'est acquis, ne fait pas le génie *(p. 31)* ! Foin de perplexité, prêtez-vous donc à notre petit jeu du gobelet *(p. 35)*.Et faites-nous savoir (si cela vous a amusé), vos meilleures trouvailles. On ne sait jamais, on peut se souhaiter à tous au moins un éclair de génie !

@dominiqueleglu

(1) Ne manquez pas notre hors-série « Einstein aujourd'hui », n° 180, actuellement en kiosque.
(2) John Bardeen, Linus Pauling, Frederick Sanger.

SCIENCES ET AVENIR

Pour joindre la rédaction :
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris - Tél. : 01.55.35.56.00.
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrices en chef adjointes
Andreina DE BEI
(photo-iconographie) - 01.55.35.56.31
Stéphane DESMICHELLE
(pôle digital) - 01.55.35.56.24

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Jean-Louis GILABERT
(directeur artistique) - 01.55.35.56.28
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités,
rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental,
sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter
(archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Arnaud DEVILLARD (numérique,
data, généraliste) - 01.55.35.56.27
Marc GOZLAN (médecine bio,
généraliste) - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie,
futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Sylvie ROUAT
(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Johan KIEKEN, Loïc CHAUVEAU,
Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL,
Henri-Pierre PENEL

Assistante de rédaction
Isabelle RUDI-HOUET - 01.55.35.56.30 -
irudi@sciencesetavenir.fr

Ont participé à ce numéro
J.-O. BARUCH, A. BOEHLY, L. BRASIER, P. KALDY,
M. KERGOAT, P. NGUYEN, M. VAGNER

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1re secrétaire) -
01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI - 01.55.35.56.19

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Illustration
Betty LAFON - 01.55.35.56.37

Photogravure
Aurélien AUGER,
Miloud BENTEBRIA,
Jean-Luc CHYZY

Pôle digital
Lise LOUMÉ (rédactrice santé) -
01.55.35.56.39
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) -
01.55.35.56.15
Hugo JALINIÈRE (rédacteur santé) -
01.55.35.56.52
Erwan LECOMTE (chef de rubrique) -
01.55.35.56.56

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) -
01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE -
01.55.35.56.48

Fabrication
Xavier LOTH (directeur de la fabrication)
Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)

Informatique
Daniel DE LA REBERDIÈRE -
01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS, VENTE AU NUMÉRO
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr
Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.
Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40 – www.viapresse.be

VENTES
Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts)
0.800. 24.69.33

PUBLICITÉ
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : - 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com
Directrice générale : Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle et responsable Web :
Karine GROSSMAN - 01.44.88.89.08
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88.97.58

Directeur commercial : Valéry SOURIEAU
Opérations spéciales : Joëlle HEZARD
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02
assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures : France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse,
75002 Paris. Tél : - 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2013

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend un encart Psychologies et deux tout-en-un Objets du mois jetés en diffusion partielle sur les abonnés. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstalis.

Évitez le rush du dernier moment, choisissez votre détecteur de fumée dès maintenant.

LE 8 MARS, LE DÉTECTEUR DE FUMÉE DEVIENT OBLIGATOIRE DANS TOUS LES LOGEMENTS.

Modèles à partir de 4€90*

CE
EN 14604

Équipez-vous dès à présent d'un détecteur de fumée, comme l'exigera la loi Morange à partir du 8 mars 2015. Auchan vous propose un très grand choix de modèles à partir de 4,90 €, tous certifiés CE EN 14604. Retrouvez aussi de nombreux conseils en magasin.

Comment bien choisir et installer son détecteur de fumée ?

Flashez ce code

Rush : Ruée. *DAAF CE AUTONOMIE 1 AN XELTYS.

Auchan
Vivons mieux. Vivons moins cher.

Auchan France - RCS Lille métropole 410 409 460 - DDB

SOURCE: ROGER-VIOLLET - ILLUSTRATION MEHDI BÉNYEZZAR POUR SCIENCES ET AVENIR

SOMMAIRE

Sciences et Avenir / N° 815 / Janvier 2015

DOSSIER P. 26

Le génie, une affaire de créativité

Einstein, Marie Curie, Mozart… autant de noms synonymes de génie. Mais qu'est-ce qui distingue ces esprits extraordinaires ? Eurêka ! la créativité. Plongez au cœur des recherches sur ce don et testez votre potentiel créatif.

3 Édito par Dominique Leglu

7 Courrier

ÉVÉNEMENT

8 Ce qu'il faut retenir de 2014

SCIENCES FONDAMENTALES

12 **ACTUALITÉS** / L'eau de la Terre ne proviendrait pas des comètes / Une étoile embryonnaire prise sur le vif / Vingt ans de chutes d'astéroïdes

36 Philae, un atterrissage à rebondissements

40 Des volcans fossiles et de l'eau potable sous le Bassin parisien

42 La soie d'araignée entame sa mue industrielle

45 Aux premières secondes de l'Univers

HISTOIRE

14 **ACTUALITÉS** / Les ingénieurs romains ont été pris par la fièvre de l'or / La tortue est moins proche des lézards que des oiseaux/ Une vénus de 23 000 ans reconstituée

46 On a retrouvé l'expédition Franklin

50 « Homo erectus » premier graveur de l'humanité

51 L'Inde serait le berceau des chevaux

NATURE

20 **ACTUALITÉS** / La banquise antarctique s'épaissit / 40 mètres, le recul maximal de la côte aquitaine / Chien et chat : l'un éclabousse, l'autre pas

52 Les tsunamis sous surveillance renforcée

56 La recherche au secours du cacao

60 Infanticide en série chez les mammifères

61 Le premier amant laisse sa marque

SANTÉ

22 **ACTUALITÉS** / Un fœtus opéré de la moelle épinière dans le ventre de sa mère / Essai prometteur d'un vaccin contre Ebola / On meurt de plus en plus vieux en France

62 La flore intestinale influe sur notre appétit

66 Les crustacés ont-ils toujours leur place sur les tables de fête ?

68 L'odorat, sentinelle de la vie

71 Revue de presse

72 La Lune perturberait bien le sommeil

HIGH-TECH

24 **ACTUALITÉS** / Vis ma vie de malvoyant / Le bateau qui vole sur l'eau / Le panneau solaire atteint presque 50 % de rendement

74 La preuve par le détecteur de mensonge

78 Gérard Berry, pédagogue du numérique

80 De bonnes images, même la nuit

83 La voiture à hydrogène met les gaz

SCIENCE PRATIQUE

84 A-t-on la preuve d'une vie passée sur Mars ?

86 Test : les enceintes pour ordinateurs

90 L'observation du ciel de janvier

92 Rendez-vous

94 Spécial beaux livres

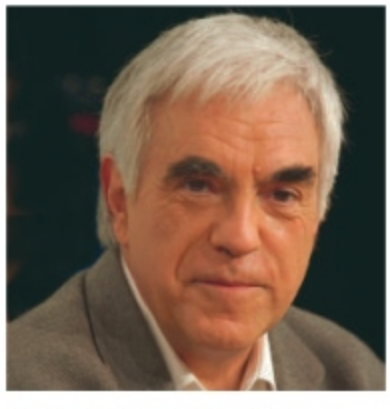
98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr

KRAIG BIOCRAFT LABORATORIES

La soie d'araignée, un matériau ultraperformant p. 42

ROGER HARRIS/SPL/PHANIE - STEPHANIE SHULLER/SPL/PHANIE

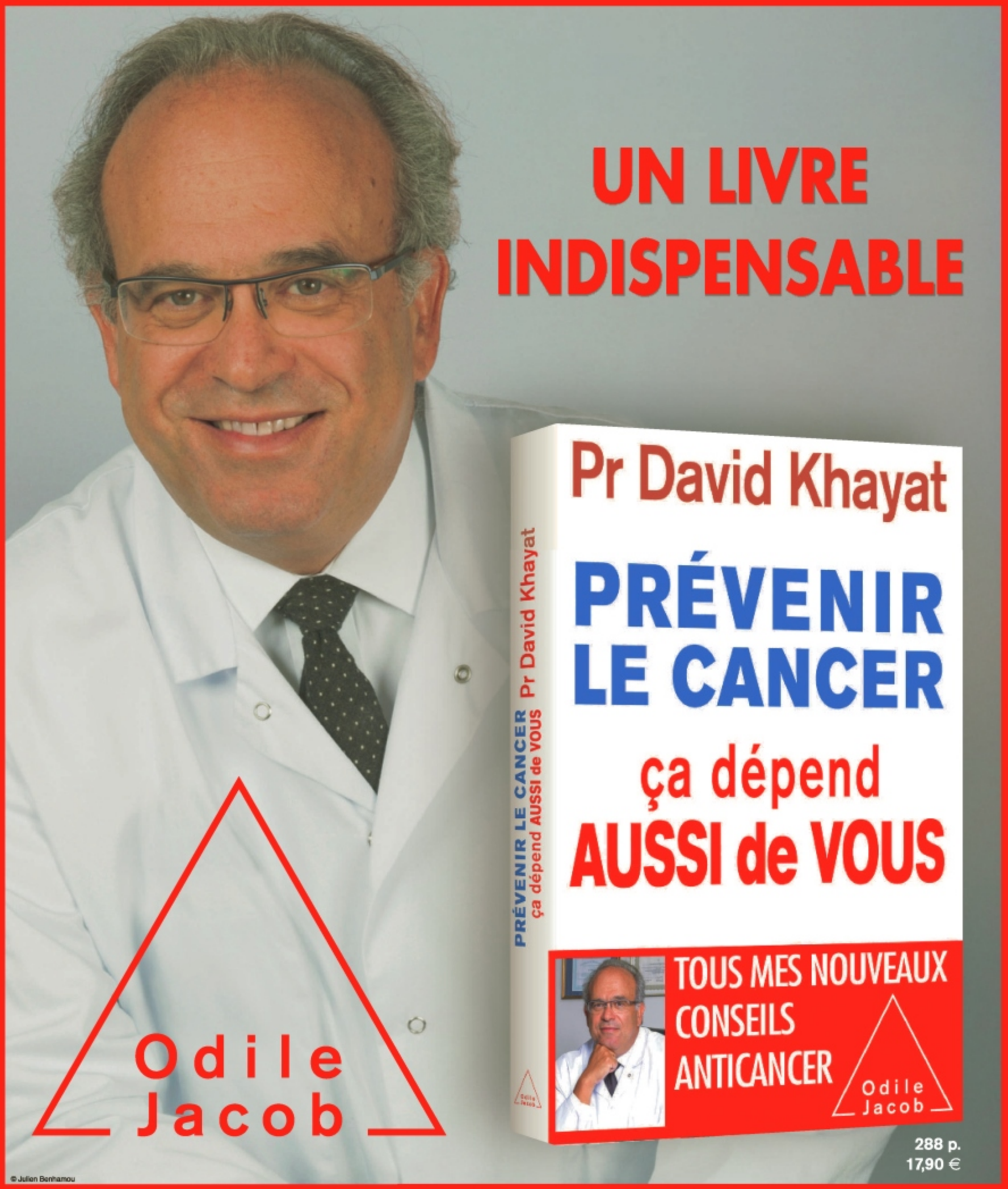
Bactéries intestinales et comportement alimentaire p. 62



IBO / SIPA

L'informaticien Gérard Berry, médaille d'or 2014 du CNRS p. 78

DAVID KHAYAT



ÉDITIONS ODILE JACOB

COURRIER

Courriels à : **redaction@sciencesetavenir.fr**

ÉRIC PIERMONT/AFP

La pile à combustible à hydrogène, « Sciences et Avenir » n° 814, décembre 2014.

Libérez l'hydrogène !

Fidèle lecteur, je n'ai pas manqué, dans votre numéro de décembre, votre article sur la pile à combustible à hydrogène, p. 48. Très surpris de découvrir que *« l'hydrogène qui ne se trouve pas à l'état libre dans la nature… »* Or je vous signale un article passionnant du *Sciences et Avenir* n° 795 de mai 2013 intitulé « Les incroyables sources d'hydrogène naturel ». Où se trouve la vérité ?

Jean-François Plasse (49)

S. et A. : On considère généralement que l'hydrogène n'existe pas à l'état libre dans la nature. En effet, un atome d'hydrogène est toujours lié et il faut procéder par électrolyse pour obtenir de l'hydrogène pur. Mais en réalité, il existe effectivement des gisements d'hydrogène pur en mer, et l'article que vous citez évoque des découvertes de l'IFP Énergies nouvelles (Ifpen) de sources d'hydrogène naturel à terre. Mais nous n'en sommes encore qu'au stade de l'étude des possibilités d'extraction.

Bolide électrique

Dans votre dossier spécial auto (S. et A. n° 812, octobre 2014) consacré, notamment, aux voitures électriques du futur, je ressens une sorte de frustration car il n'est jamais question de la *« Jamais contente »*. Ce véhicule électrique a été premier à franchir la barre des 100 km/h… en 1899. Depuis, on n'a guère fait mieux.

Pierre Charchi (13)

S. et A. : Nous avons parlé de ce « bolide » emblématique (à une époque où le cheval dominait encore le marché !) à plusieurs reprises dans Sciences et Avenir, notamment en novembre 2009 pour saluer le record de vitesse (487,67 km/h) établit par un autre engin électrique développé par la société monégasque Venturi.

Test « mesurer votre potentiel créatif »

Voici quelques-unes des réponses originales de la rédaction de *Sciences et Avenir* sur les utilisations possibles d'un gobelet en plastique *(lire notre dossier, p. 35)* :

Un bateau pour Playmobil / Une passoire en faisant des trous au fond / Un compas pour faire des ronds / Un emporte-pièce en pâtisserie / Un bracelet en enlevant le fond / Un étui à lunettes / Une muselière pour petit chien / Des maracas / Un cache-sexe / Un aquarium à bactéries / Un dessous de verre, en ne gardant que le fond / Un cache-prise électrique / Un rond de ser-viette, en enlevant le fond / Un élément de guirlande de Noël / Un masque nez de cochon, en rajoutant un élastique / Un attrape-mouche / Une urne pour bulletins de vote / Une nacelle pour maquette de montgolfière / Un bougeoir à eau / Un bateau pour hamster / Une colle, en le faisant fondre / Un cornet acoustique / Des chaussons pour chien / Un épouvantail, en l'accrochant à une ficelle / Un anti-stress, en l'écrasant.

« Les scientifiques qui ont porté la Révolution française avaient pour but de faire de la science un outil pour le bonheur des hommes. Est-ce bien le but de la science (appliquée) aujourd'hui ? »

Christine Ceruti (13)

La high-tech révolutionnée par la science (*Sciences et Avenir* n° 814, décembre 2014).

Colloque « la cause des aînés »

PARTENARIAT SCIENCES AVENIR **Les 7 et 8 février à l'Espace Reuilly à Paris**

Les 10 premiers lecteurs qui appellent l'organisateur de cette manifestation (R-Event, tél. : 01 49 10 38 92) gagnent une entrée gratuite.

▶ Retrouvez le programme complet du colloque sur : **www.cause-des-aines.fr**

Ce qu'il faut retenir de 2014

Environnement, innovation médicale et technologique, spatial, archéologie... En 20 dates clés, voici les faits marquants de l'année écoulée.

30 JAN.

L'ANNÉE SERA CHAUDE

Le réchauffement climatique se confirme, comme le notent les scientifiques du Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat). Pour limiter la hausse des températures à 2 °C d'ici à 2100, l'humanité ne devra pas émettre plus de mille milliards de tonnes de CO_2. Ce réchauffement, les Français le mesureront au cours de l'année. Car les mois de l'année 2014 sont les plus chauds jamais enregistrés. **L. C.**

13 MARS

LE BACLOFÈNE APPROUVÉ CONTRE L'ALCOOLISME

L'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) accorde une recommandation temporaire d'utilisation au baclofène pour le traitement de la dépendance à l'alcool. Une première étape — très attendue — dans la reconnaissance de ce décontractant musculaire pour cette indication. **H. R.**

31 MARS

LE JAPON DOIT STOPPER LA CHASSE À LA BALEINE

La Cour internationale de justice de La Haye estime que la chasse à la baleine menée par le Japon dans l'Antarctique n'est pas scientifique. 3600 petits rorquals ont été tués par la flotte japonaise depuis 2005 pour seulement... 2 articles scientifiques publiés. **R. M.**

25 AVRIL

PREMIER VOL D'UN AVION ÉLECTRIQUE

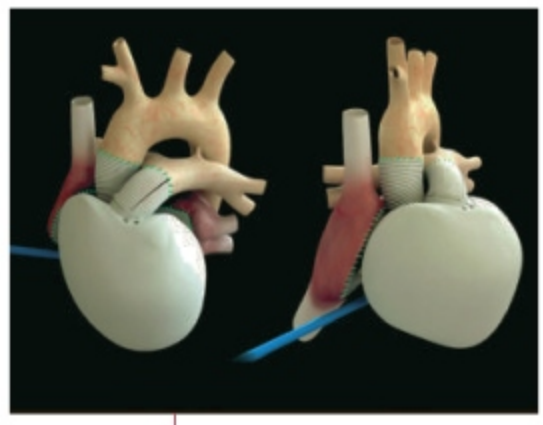
L'E-Fan, un petit avion électrique destiné aux écoles de pilotage, effectue son premier vol officiel au-dessus de l'aéroport de Bordeaux-Mérignac (Gironde). Conçu par Airbus et Aéro Composites Saintonge, il démontre l'intérêt d'un grand industriel de l'aéronautique pour la propulsion électrique. Sa commercialisation est prévue pour 2017. **O. H.**

7 MAI

DEUX NOUVELLES LETTRES POUR L'ADN

Des biologistes du Scripps Research Institute de La Jolla (Californie) créent une bactérie d'un nouveau genre : son ADN comporte non plus deux mais trois types de paires de bases (les lettres A, T, C, G qui sont le support de l'information génétique, et deux nouvelles, X et Y). Mieux, la quasi-totalité des descendants de cette bactérie comporte cette paire de bases nouvelle. Les bactéries peuvent donc répliquer un ADN semi-synthétique. **M. N.**

A. WONG/AP/SIPA - PHANIE - SIPA - REUTERS - SYNTHROX INC.



22 JUIN

LA GROTTE CHAUVET AU PATRIMOINE MONDIAL DE L'HUMANITÉ

Vingt ans après sa découverte, la célèbre grotte Chauvet (Ardèche) a été inscrite sur la liste des biens culturels du patrimoine mondial de l'humanité par l'Unesco sous le nom de « caverne du Pont-d'Arc ». Si le site restera définitivement fermé au public, un fac-similé ouvrira ses portes au printemps 2015, à quelques kilomètres de là. **B. A.**

24 JUIN

NOUVELLE PUBLICATION DE L'ÉTUDE CONTROVERSÉE SUR LE DANGER DES OGM

Huit mois après le retrait forcé de son article sur le maïs NK603, le Pr Gilles-Eric Séralini le publie à nouveau, en le complétant, dans *Environnemental Sciences Europe*. L'étude suggère que des rats nourris deux ans avec ce maïs OGM tolérant à l'herbicide Roundup connaissent une mortalité plus grande que les rats nourris avec un maïs traditionnel. **R. M.**

2 JUIL.

FRAUDE SUR LES CELLULES SOUCHES

Les STAP, des cellules souches embryonnaires (CSE) censées révolutionner la médecine régénératrice, font long feu. Aucune autre équipe n'a en effet été capable de reproduire les résultats de la Japonaise Haruko Obokata qui clamait avoir réussi à obtenir des CSE en plongeant des cellules adultes dans un bain acide. Sous la pression, la chercheuse retire ses deux articles parus dans *Nature*. **H. R.**

5 AOÛT

POSE DU SECOND CŒUR ARTIFICIEL CARMAT

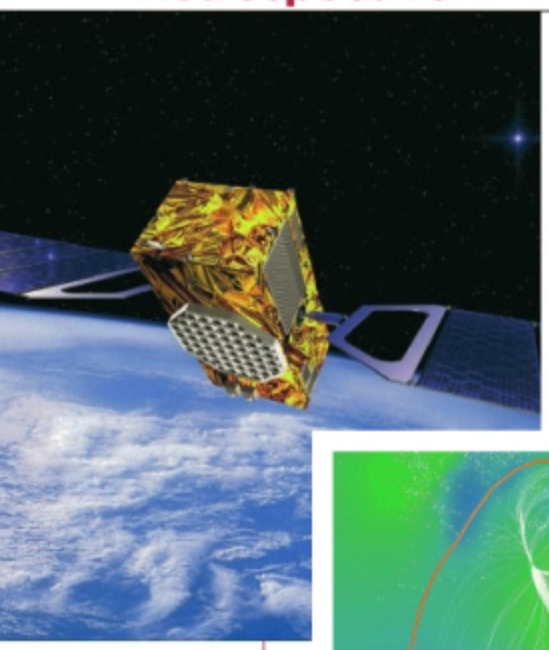
Un second patient bénéficie du cœur artificiel conçu par la société française Carmat. Implanté en décembre 2013, le premier patient était décédé 74 jours après l'intervention. L'essai de ce cœur artificiel qui s'adapte automatiquement à l'effort concernera dans un premier temps quatre malades avant d'être posé chez une vingtaine d'autres patients. **S. R.-M.**

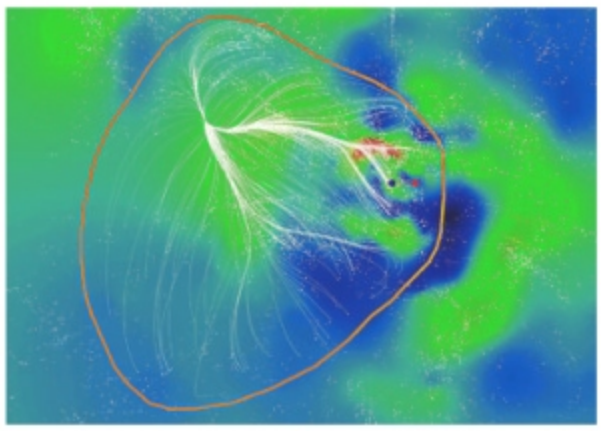
13 AOÛ

UNE FEMME MÉDAILLE FIELDS DE MATHÉMATIQUES

Pour la première fois, une femme reçoit la médaille Fields, le « Nobel des mathématiques », réservée aux moins de 40 ans. La nomination de l'Iranienne Maryam Mirzakhani, professeure à l'université Stanford (États-Unis) crée une brèche dans la domination masculine depuis la création du prix en 1932. **A. Kh.**

SIPA - AFP - SIPA - SIPA - CARMAT





22 AOÛT

MISE EN ORBITE RATÉE POUR LE « GPS EUROPÉEN » GALILEO

Deux satellites de navigation de la constellation européenne Galileo — censée mettre en place un « GPS européen » — ne parviennent pas à être placés sur une bonne orbite après leur lancement par une fusée Soyouz. Le carburant gèle dans les tuyaux de la fusée, empêchant l'alimentation de son dernier étage. Résultat : les satellites, quoique opérationnels techniquement, tournent sur la mauvaise orbite et ne peuvent jouer leur rôle. **A. D.**

4 SEPT.

NOTRE PLACE DANS L'UNIVERS EST DÉCOUVERTE

Nous sommes tous des habitants de Laniakea, un superamas de 500 millions d'années-lumière dont les contours sont définis pour la première fois. Il regroupe la Voie lactée et plusieurs centaines de milliers d'autres galaxies, qui foncent toutes à 600 km/s vers la même région dense de l'espace, baptisée le Grand Attracteur. **A. Kh.**

12 SEPT.

PREMIÈRE GREFFE DE CELLULES SOUCHES IPS POUR RENDRE LA VUE

La DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge) d'une septuagénaire japonaise est traitée pour la première fois par la greffe de cellules souches pluripotentes induites ou iPS, obtenues par le « rajeunissement » des propres cellules de peau de la patiente. Résultats à venir. **H. R.**

ALERTE EBOLA

Après avoir provoqué une flambée épidémique sans précédent en Afrique de l'Ouest, le virus de la fièvre hémorragique Ebola arrive en Europe et aux États-Unis en septembre. La recherche se mobilise. Des prototypes de tests rapides ou de vaccins sont présentés. Sans résultats pour l'instant. Début décembre, le bilan dépassait les 7000 morts. **M. N.**

13 SEPT.

LES COURSES DE VOITURES PASSENT À L'ÉLECTRIQUE

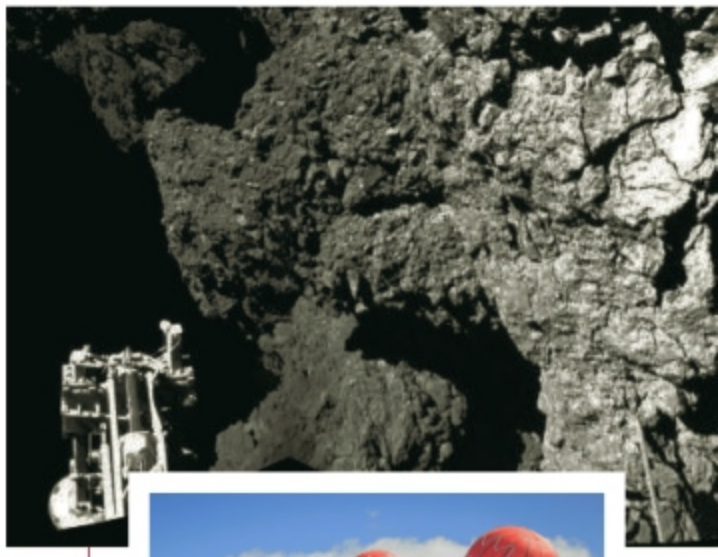
Alors que la formule 1 a adopté des motorisations hybrides, la Fédération internationale de l'automobile pense à l'étape suivante en organisant en Chine la première course de monoplaces électriques. Spark Racing Technology, une entreprise française, a piloté le développement de ces engins de 270 chevaux capables de rouler durant une demi-heure. **M. N.**

6 OCT.

UNE GREFFE D'UTÉRUS PERMET À UNE FEMME D'ENFANTER

Première mondiale avec la naissance d'un enfant dont la mère est née sans utérus. Une prouesse rendue possible grâce à une greffe de l'organe. Dans un premier temps, des ovules ont été prélevés dans les ovaires de la future mère et fécondés *in vitro*. Puis un utérus, provenant d'une donneuse ménopausée de 61 ans, a été greffé. Un an après, l'un des embryons a été implanté et s'est développé, la grossesse se déroulant alors normalement. **S. R.-M.**

ESA - CEA - BSIP - AFP - AFP



30 OCT.

LA PYRAMIDE DU SERPENT À PLUME LIVRE SES TRÉSORS

70 000 offrandes sont découvertes dans un conduit souterrain creusé sous la pyramide du Serpent à plumes, le célèbre monument du Ier siècle de notre ère dédié à Quetzalcoatl, la divinité tutélaire de Teotihuacan (Mexique). Et ce n'est qu'un début ! Parmi les trésors enfouis : des statuettes de pierre, des milliers de perles de jade, de sphères de pyrite, de céramiques, de conques. **B. A.**

31 OCT.

CRASH DE LA NAVETTE SPACESHIPTWO

La navette de l'entreprise américaine Virgin Galactic, qui ambitionne d'assurer des vols commerciaux dans l'espace, s'écrase lors d'un vol test dans le désert de Mojave (États-Unis), tuant un des deux pilotes. L'accident serait dû à une erreur humaine. **A. D.**

5 NOV.

FIN DU DÉCHARGEMENT DE LA PISCINE 4 À FUKUSHIMA

Les 1331 assemblages de combustible usagé stockés dans la piscine du bâtiment 4 de la centrale nucléaire japonaise de Fukushima Daiichi ont tous été retirés et placés dans une autre piscine sur le site, jugée plus sûre. Opération de routine en temps normal, c'est la première fois qu'elle est menée à bien sur un site accidenté (ici le tsunami du 11 avril 2011). **M. N.**

12 NOV.

UN ROBOT SE POSE SUR UNE COMÈTE

C'est un exploit historique : Philae, le petit explorateur porté par la sonde européenne Rosetta, réussit son atterrissage sur la comète 67P Tchourioumov-Guérassimenko. Ce laboratoire miniature, pas plus gros qu'un frigo, effectue plusieurs rebonds avant de se stabiliser à la surface de la boule de glace et de poussières, mais il parvient à effectuer 80 % des analyses programmées par les scientifiques *(lire aussi p. 38)*. **A. B.**

5 DÉC.

LE VAISSEAU POUR MARS RÉUSSIT SON PREMIER VOL

Partie de cap Canaveral en Floride, la navette a fait deux fois le tour de la Terre en un peu moins de quatre heures et s'est posée dans l'océan Pacifique : le véhicule expérimental américain Orion a réussi son baptême de l'air. La capsule était inhabitée pour ce test mais, à l'avenir, elle pourra embarquer jusqu'à 4 personnes pendant trois semaines. De quoi aller déjà à la Station spatiale internationale. Et un jour peut-être sur Mars. **M. N.**

LE + NUMÉRIQUE
Retrouvez le palmarès des articles les plus lus sur notre site sciencesetavenir.fr en 2014 sur **http://sciav.fr/815-2014**

AFP - SIPA - AFP - ESA - AFP

L'eau de la Terre ne proviendrait pas des comètes

Le spectromètre de la sonde Rosetta a analysé les gaz qui composent l'atmosphère de la comète Tchouri.

Un bombardement intensif d'astéroïdes (vue d'artiste) aurait, selon l'hypothèse désormais privilégiée, apporté l'eau sur notre planète. NATURAL HISTORY MUSEUM/SPL/COSMOS

PLANÉTOLOGIE La signature chimique de l'eau qui constitue la comète Tchourioumov-Guérassimenko (sur laquelle vient de se poser le robot Philae, *lire p. 36*) est très différente de celle de l'eau terrestre. Une découverte qui disqualifie les comètes (essentiellement constituées de glace) comme source principale de l'eau sur Terre. On la doit à un spectromètre embarqué dans la sonde Rosetta, l'instrument Rosina. Depuis août, il n'a cessé d'analyser les gaz qui composent l'atmosphère de la comète. Les données recueillies, publiées le 10 décembre dans *Science Express*, révèlent les proportions relatives d'hydrogène et de son isotope, le deutérium, au sein des molécules d'eau : l'eau de Tchouri est trois fois plus riche en deutérium que celle de notre planète. Ce résultat remet donc en selle l'hypothèse d'une eau terrestre apportée essentiellement par des astéroïdes (des corps inactifs constitués de roche et de glace) lors d'un bombardement intensif il y a environ 4 milliards d'années, car eux présentent un ratio presque identique à celui de l'eau terrestre. **A. B.**

RETOUR SUR

Ariane 6 a reçu le feu vert de l'Europe

ESPACE Les 20 pays membres de l'ESA, l'Agence spatiale européenne, ont décidé, le 2 décembre, de lancer les études de la nouvelle Ariane 6. Moins chère qu'Ariane 5 pour s'adapter au marché, elle sera disponible en deux versions, avec 4 ou 2 boosters. Premier lancement en 2020 sur un nouveau pas de tir à Kourou. Retrouvez sur le Web l'article que nous avons consacré à ce projet : http://sciav.fr/ariane6 **J.-O. B.**

90%

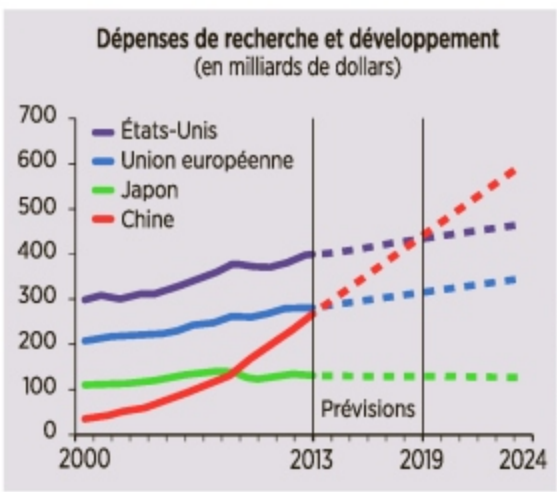
Le taux de galaxies incompatibles avec la vie

Elles sont balayées tous les cinq milliards d'années par un sursaut gamma qui détruirait toute forme de vie. A. Kh.

SOURCE : TSVI PIRAN, THE HEBREW UNIVERSITY, JÉRUSALEM, ISRAËL.

La Chine à la pointe de la R&D en 2019

RECHERCHE En projetant linéairement les courbes de dépenses de recherche et développement des États-Unis, du Japon, de l'Union européenne et de la Chine, l'OCDE indique que la Chine doublera les États-Unis en 2019, devenant la première puissance scientifique par son budget, ses brevets et ses publications. En attendant, celle qui vient de devenir la première puissance économique mondiale a déjà dépassé le Japon et l'Union européenne, entre autres du fait de la crise économique. J.-O. B.



BETTY LAFON - SOURCE : OCDE

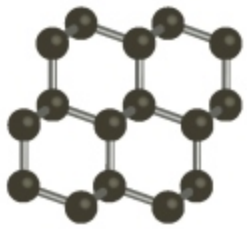
Voyage participatif vers la Lune

ESPACE C'est un projet participatif pour retourner sur la Lune : Lunar Mission One. Il s'agit de lancer vers le pôle sud de la Lune un robot qui creuserait le sol sur au moins 20 mètres en 2024. La mission est évaluée à 800 millions de dollars (642 millions d'euros), mais il suffirait de 756 000 € pour la lancer. **J.-O. B.**

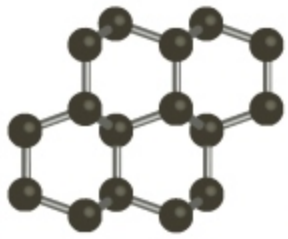
EN BREF

SISMOLOGUES RELAXÉS. Les six sismologues italiens condamnés pour avoir sous-estimé le séisme de 2009 à L'Aquila ont été relaxés en appel. **EN ROUTE VERS L'ASTÉROÏDE.** La sonde japonaise Hayabusa-2 s'est envolée le 3 décembre vers l'astéroïde 1999 JU3. Mission : rapporter des échantillons sur Terre fin 2020. **« HIMALAYA » PRÉCAMBRIEN.** Au Togo, Mali et Brésil, des roches de 600 millions d'années témoignent d'une ancienne chaîne de montagnes de 2500 km qui barrait le paléocontinent du Gondawana.

Diamant tordu



Diamant



Lonsdaléite

PETER NÉMETH

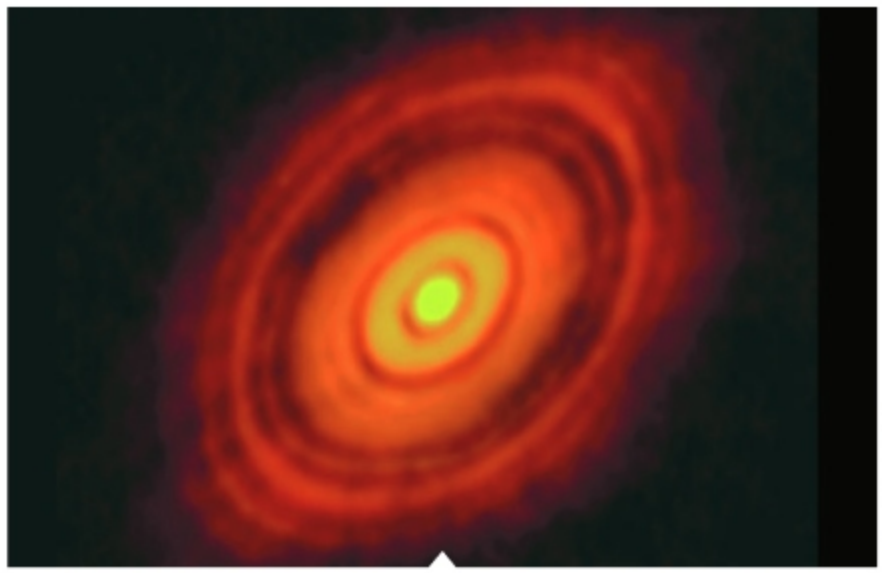
CRISTALLOGRAPHIE La lonsdaléite, identifiée uniquement dans des cratères de météorite, ne serait qu'un diamant ordinaire à la structure atomique désordonnée à cause de l'impact. Sa structure cristallographique est hexagonale alors que celle du diamant ordinaire est cubique. **A. Kh.**

SOURCE : PÉTER NÉMETH, ACADÉMIE HONGROISE DES SCIENCES, BUDAPEST, HONGRIE.

Une étoile embryonnaire prise sur le vif

La naissance de HL Tau, un astre de type solaire, pourrait bousculer les modèles de formation des planètes.

ASTRONOMIE L'étoile embryonnaire HL Tau, à 450 années-lumière de la Terre dans la constellation du Taureau, est entourée d'un disque de gaz et de poussières dans lequel se succèdent concentriquement des sillons sombres et des parties plus brillantes. C'est ce que détectent les antennes récemment reconfigurées du télescope Alma, installé au Chili. Des simulations, réalisées par Ruobing Dong, du Lawrence Berkeley Laboratory, et ses collègues indiquent que ces sillons pourraient avoir été creusés par trois planètes d'un cinquième de la masse de Jupiter 200 000 ans après leur formation, même si le disque de gaz et de poussières qui entoure la jeune étoile est encore très dense. C'est surprenant. En effet, l'étoile HL Tau, de type solaire, est censée avoir moins d'un million d'années. Or, selon les modèles de formation des systèmes planétaires, il faut plusieurs millions d'années pour former des planètes. Si ce sont bien des planètes qui ont creusé ces sillons — ce qui n'est pas certain —, quelque chose est à revoir : les modèles ou l'âge de HL Tau. **J.-O. B.**

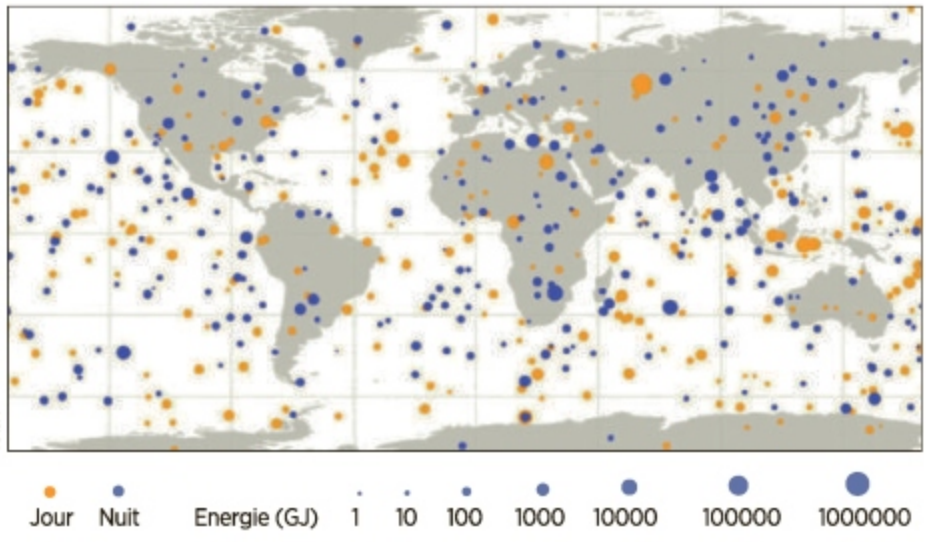


ALMA (ESO / NAOJ / NRAO)

L'image de HL Tau réalisée avec le radiotélescope Alma a révélé dans le disque entourant le jeune astre des sillons sombres jamais observés jusque-là.

Vingt ans de chutes d'astéroïdes

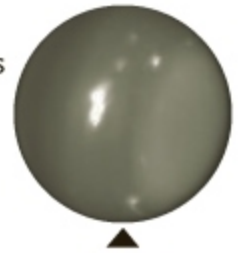
ASTRONOMIE Ces taches qui constellent le globe marquent le bombardement continuel de l'atmosphère par des météorites d'au moins un mètre de diamètre. Entre 1994 et 2013, 556 impacts ont été recensés (un toutes les deux semaines). La taille du point montre la quantité d'énergie rayonnée dans le visible dégagée par chacun de ces bolides. **L.B.**



NASA

Tempêtes sur Uranus

COSMOLOGIE Depuis août dernier, une mystérieuse tempête ravage la haute atmosphère d'Uranus. S'étalant sur 9000 kilomètres, la forme et la luminosité en différentes longueurs d'onde de ses composantes *(taches blanches sur l'image ci-contre)* correspondent à celles de gigantesques tourbillons s'enfonçant sur de grandes profondeurs à l'intérieur de l'atmosphère uranienne. **J.-O. B.**



UC BERKELEY

Uranus

Les ingénieurs romains ont été pris par la fièvre de l'or

La taille et le rendement de la mine d'or à ciel ouvert de Las Médulas en Espagne, exploitée par les Romains, ont été largement réévalués.

ARCHÉOLOGIE Grâce à la télédétection par laser (Lidar), des archéologues espagnols livrent une nouvelle cartographie de la région aurifère de Las Médulas, dans la province de León (nord-ouest de l'Espagne). Exploitée par les Romains dès le Ier siècle avant J.-C., cette gigantesque mine d'or à ciel ouvert était connue grâce aux vestiges d'un ingénieux système hydraulique qui acheminait l'eau des rivières pour lessiver les dépôts de sédiments aurifères. Cachée sous la végétation, une nouvelle zone d'exploitation a été mise en évidence au nord de la vallée de la rivière Eria. Elle comporte plusieurs réservoirs qui fonctionnaient vraisemblablement ensemble pour acheminer l'eau des affluents de l'Eria. De nouveaux canaux, réservoirs et dépôts aurifères ont aussi été découverts : à certains endroits, l'extraction a été si intense que les Romains ont atteint la roche mère. Quelque 1500 tonnes d'or auraient été extraites. **L. B.**

FELIX GONZALES/AGEFOTOSTOCK

Cachée sous la végétation, une nouvelle zone d'exploitation a été identifiée à Las Médulas.

Trois mosaïques romaines en Turquie

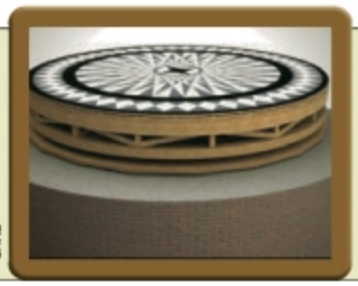
ANTIQUITÉ Une équipe de l'université d'Ankara a découvert trois magnifiques mosaïques datant d'environ 2000 ans dans l'ancienne cité de Zeugma (Turquie). La première représente les neuf muses, la seconde les titans Océan et Thétys, et la troisième un jeune homme. **M. K.**

Les chiens préhistoriques privés de mammouth

PALÉOZOOLOGIE Les « chiens » — peut-être les premiers canidés domestiqués — qui vivaient il y a 30 000 ans sur le site de Předmostí (République tchèque) n'avaient pas droit au mammouth. Leurs ossements révèlent qu'ils mangeaient plutôt du renne. **L. B.**

SOURCE : HERVÉ BOCHERENS, UNIVERSITÄT TÜBINGEN, ALLEMAGNE.

À VOIR SUR TABLETTE



CNRS

La terrasse tournante de Néron en images de synthèse

ANTIQUITÉ Le CNRS a reconstitué en images de synthèse la salle à manger de Néron, un étonnant bâtiment doté d'un plancher tournant construit au Ier siècle après J.-C. Il s'agissait d'une tour en maçonnerie sur deux niveaux surmontée d'une plate-forme en bois, pivotant à l'aide d'un roulement à billes. Ses soubassements avaient été dégagés en 2009 lors de fouilles sur le mont Palatin, à Rome. **A. D.**

Les ossements de Richard III authentifiés

PALÉOGÉNÉTIQUE Des analyses génétiques ont confirmé que les ossements retrouvés sous un parking de Leicester en 2012 appartiennent au roi Richard III. Elles ont aussi révélé que l'arbre généalogique de la monarchie comprend un enfant illégitime. **O. L.**

SOURCE : TURI KING, UNIVERSITY OF LEICESTER, ROYAUME-UNI.

La tortue est moins proche des lézards que des oiseaux

PALÉONTOLOGIE On les croyait apparentées aux lézards et aux serpents : les tortues sont finalement génétiquement plus proches des oiseaux — seuls survivants des dinosaures — et des crocodiliens, affirment des chercheurs américains. Ils ont même créé pour elles un nouveau groupe dans l'arbre phylogénétique de la vie, les *Archelosauria*. La proximité de la tortue à cou caché et du diamant mandarin a été révélée grâce à la nouvelle technique des « éléments ultra-conservés », qui permet de détecter des marques génétiques similaires dans différentes espèces, d'étudier l'ADN qui leur est associé puis de comparer le tout pour reconstruire l'histoire de leur évolution. **R. M.**

BIOSPHOTO

La tortue alligator entre dans un nouvel arbre phylogénétique.

SOURCE : N. CRAWFORD, CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES, SAN FRANCISCO, ÉTATS-UNIS.

Toute **la musique en streaming,** via une simple touche

Avec sa gamme SoundTouch™ qui se décline en enceintes design, en home cinéma ou encore en chaines stéréo, Bose libère la musique dans la maison. Un son riche remplit vos différentes pièces et vous suit chez vous au gré de vos déplacements.

Difficile de faire plus simple. Le système SoundTouch™, un petit bijou de haute technologie, se connecte directement sur votre réseau Wi-Fi domestique. Nul besoin d'allumer un ordinateur, de brancher des câbles ou d'installer un équipement supplémentaire. Quelques réglages rapides et intuitifs vous offrent immédiatement l'accès au contenu de votre bibliothèque musicale ainsi qu'à 20 000 stations de radio du monde entier. Quant aux services d'écoute à la demande, comme Deezer ou Spotify, ils vous invitent à découvrir de nouveaux univers musicaux à travers plus de 35 millions de titres. Pour être certain de toujours avoir ses morceaux favoris à portée de main, il suffit de configurer les six préréglages directement sur le système, comme sur un autoradio ou via l'application SoundTouch™. D'une simple pression de touche, vous pouvez lancer votre playlist jazzy, votre sélection iTunes des tubes des années 1980 ou encore votre station Deezer. Histoire de créer une ambiance musicale sur mesure.

Des appareils adaptés à chaque pièce

Pour remplir votre maison d'un son authentique, commencez par installer un système comme la toute dernière SoundTouch™ 30 série II, une superbe enceinte à la fois élégante et puissante. Puis, libre à vous de multiplier les sources audio en ajoutant un home cinéma dans le salon, une chaîne stéréo dans la chambre ou en optant pour la SoundTouch™ Portable. Equipée d'une batterie rechargeable, cette mini-enceinte deuxième génération se transporte de la terrasse à la cuisine, selon vos envies. Comme l'ensemble des appareils de la gamme SoundTouch™ fonctionnent en parfaite harmonie, rien ne vous empêche de diffuser le même titre dans toute la maison ou d'écouter un morceau différent dans chacune des pièces.

Une appli unique pour tout contrôler

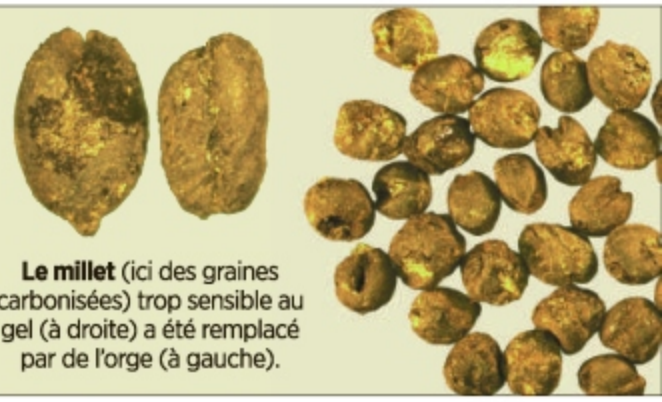
En plus de gérer l'ensemble des systèmes à distance, la toute dernière version de l'application SoundTouch™ offre une fonction de recherche avancée. Une aide précieuse pour retrouver les artistes et les titres de votre bibliothèque en un clin d'œil. L'appli propose également de personnaliser votre expérience d'écoute en ajustant, par exemple, les basses fréquences. Une invitation à découvrir de nouvelles sensations musicales plus intenses et plus riches.

BOSE

AG18971

L'orge à la conquête du toit du monde

AGRONOMIE Si l'homme a conquis les plus hauts plateaux du Tibet il y a près de 20 000 ans, il n'a pu s'y installer durablement qu'il y a 3600 ans, et cela grâce à un allié inattendu : l'orge. L'étude par des archéologues de l'université de Cambridge (Royaume-Uni) de 53 sites tibétains, ayant livré des restes de graines carbonisées permettant une datation au radiocarbone révèle en effet que jusque vers 1600 ans avant J.-C., les populations du Tibet résidaient en dessous de 2500 mètres et dépendaient de la culture du millet, sensible au gel. Après cette date, ils se sont installés jusqu'à 3400 mètres d'altitude, substituant au millet l'orge, une céréale bien plus résistante au froid. **L. B.**



Le millet (ici des graines carbonisées) trop sensible au gel (à droite) a été remplacé par de l'orge (à gauche).

XIN JIA

1,88 million d'euros

Le prix d'un bicorne de Napoléon

PATRIMOINE Un collectionneur sud-coréen a fait l'acquisition de l'un des 19 bicornes authentifiés de l'empereur au cours d'une vente aux enchères à Fontainebleau. **M. N.**

AFP

Des potiers surpris par le Vésuve

ARCHÉOLOGIE Fouillé depuis 2012 par des archéologues français, un secteur de Pompéi (Italie) a livré la salle de travail d'un atelier de potier, avec ses tours servant à confectionner les poteries, ainsi que des vases crus, encore en place. Ils montrent que les artisans étaient en plein travail et avaient mis leurs œuvres à sécher lorsque, en 79, le Vésuve est entré en éruption. **L. B.**

STÉPHANE LANCELOT, INRAP

Une vénus de 23 000 ans retrouve ses formes

Les archéologues sont parvenus à reconstituer cette statuette sculptée dans un bloc de craie et découverte en Picardie.

PRÉHISTOIRE C'est une exceptionnelle « vénus », une statuette paléolithique féminine stylisée de l'époque gravettienne (il y a 22 000 à 29 000 ans), que les archéologues sont parvenus à reconstituer partiellement à partir de 19 fragments mis au jour en 2011 sur le site de Renancourt 1, situé près d'Amiens. Mesurant une douzaine de centimètres de haut, la vénus de Renancourt a été sculptée dans un seul bloc de craie il y a 23 000 ans, mais elle a ensuite vraisemblablement éclaté sous l'effet du gel (sa partie inférieure droite manque toujours). Les caractères féminins prononcés typiques de ces figurines sont toutefois aisément reconnaissables : poitrine opulente et fesses exagérément projetées vers l'arrière, tête représentée par une simple sphère sans détail anatomique, bras à peine esquissés.

Ces vénus symbolisent sans doute la fécondité mais leur signification et fonction précises restent inconnues. Présentes jusqu'en Sibérie, elles sont peu communes en France : on en dénombre à peine une quinzaine, dont la dernière avait été découverte en 1959.

Après étude complète, la nouvelle venue enrichira les collections du musée de Picardie à Amiens. De nouvelles fouilles sur le site de Renancourt permettront peut-être d'en découvrir les parties manquantes... **L. B.**

◀ **Longue de 12 cm,** la statuette a été retrouvée à 4 m de profondeur.

Un cousin du tricératops dormait dans un musée

PALÉONTOLOGIE En examinant des fossiles de dinosaures stockés depuis près de 75 ans au Canadian Museum of Nature, Nick Longrich, de l'université de Bath (Royaume-Uni), a constaté qu'il avait affaire à deux nouvelles espèces. La première, *Pentaceratops aquilonius*, est un cousin du tricératops de la taille d'un buffle avec de longues cornes frontales *(dessin)*, qui vivait il y a environ 75 millions d'années. L'autre appartient à la famille des kosmocératops. **J. I.**

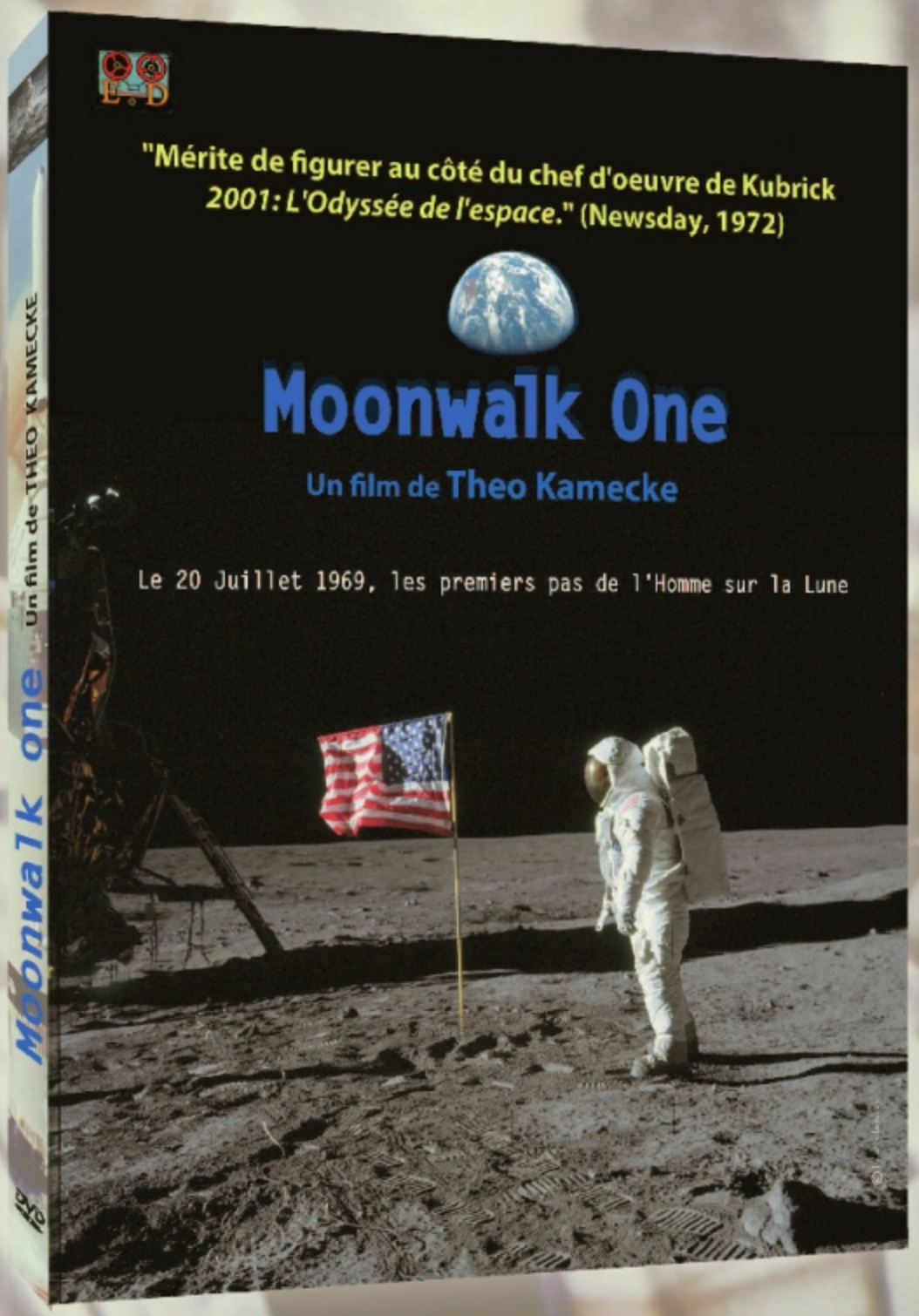
N. LONRICH/UNIVERSITY OF BATH

Pentaceratops aquilonius avait la taille d'un buffle.

DVD digipack sortie le 2 Décembre

Moonwalk One

Un film de Theo Kamecke



Des images inédites

«Ce documentaire souvent spectaculaire fait revivre l'enthousiasme qui a saisi la planète lors des premiers pas de Neil Armstrong sur la Lune , en juillet 1969.»

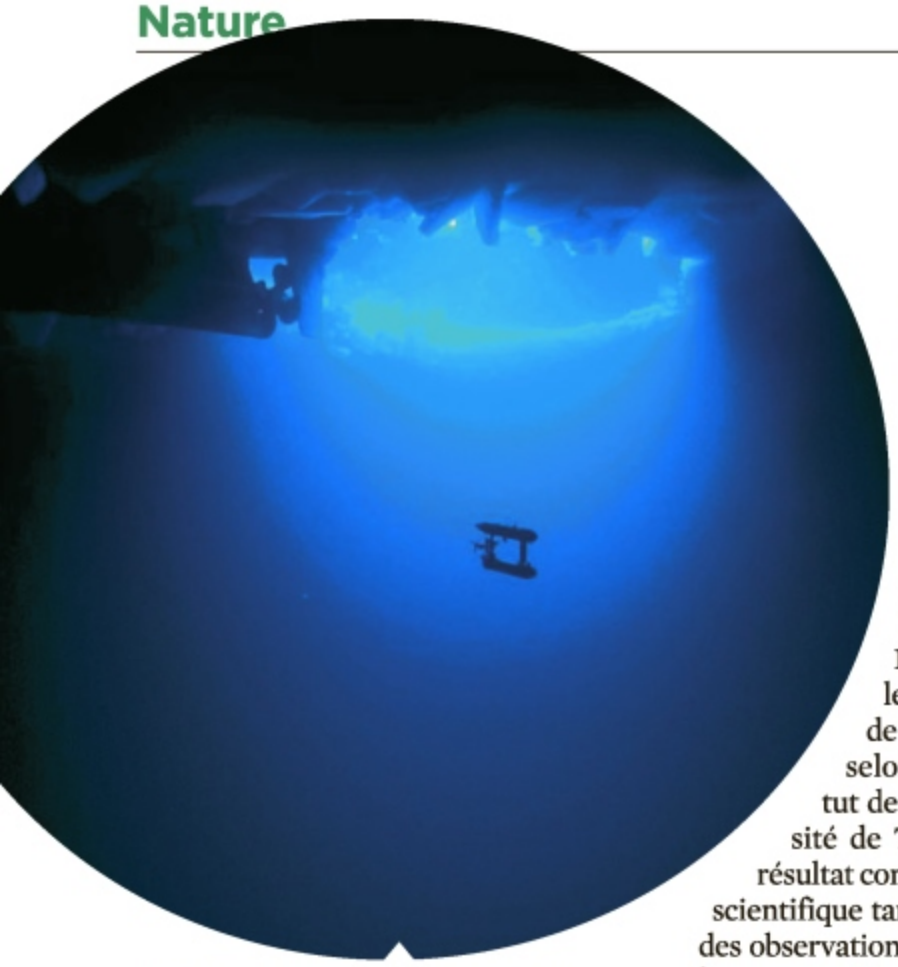
Télérama

Bonus :

Un livret couleur de 20 pages

DVDCLASSIK SCIENCE & VIE

ED Distribution - www.eddistribution.com
www.facebook.com/eddistribution



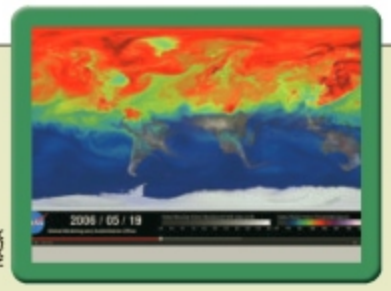
Un véhicule sous-marin autonome (au centre) a plongé sous la banquise pour l'étudier.

WHOI

La banquise antarctique s'épaissit

Le réchauffement climatique mondial a peu d'impact sur cette glace marine.

GLACIOLOGIE L'épaisseur de la glace marine du pôle Sud a été mesurée avec précision : entre 1,4 et 5,5 mètres aux points les plus fins et jusqu'à plus de 16 mètres aux plus épais, selon une équipe de l'Institut de l'Antarctique de l'université de Tasmanie (Australie). Ce résultat constitue un véritable exploit scientifique tant il est difficile de mener des observations sur cette banquise reculée couvrant jusqu'à 20 millions de kilomètres carrés durant l'hiver austral. Les Australiens ont employé un véhicule sous-marin autonome sous les glaces des régions côtières de Wendell, Bellingshausen et Wilkes. L'engin a effectué des relevés en 3D grâce à un sonar, donnant ainsi un début de réponse à un phénomène qui intrigue les climatologues. Depuis une trentaine d'années, la banquise antarctique ne cesse en effet de s'étendre, à rebours de ce qu'on pourrait attendre des effets du réchauffement climatique. Certains pensaient que cette extension s'accompagnait d'un rétrécissement. Il n'en est rien, et les glaces antarctiques seraient bien plus volumineuses qu'estimées jusque-là. **L. C.**



NASA

À VOIR SUR TABLETTE

Une année de CO_2 dans la vie de la Terre

ENVIRONNEMENT Le Goddard Institute (Nasa) a reconstitué une année d'émissions de CO_2 et d'absorption par la croissance des plantes. La modélisation a été réalisée avec le nouvel outil spécialisé GEOS-5 à partir des données de 2006 et révèle que les panaches de CO_2 proviennent principalement de l'hémisphère Nord. Les émissions culminent en avril-mai et décembre. **L. C.**

La ville, centre agricole

AGRONOMIE La surface de l'Europe : c'est ce que représente le cumul de la superificie des terres agricoles mondiales dans un rayon de 20 kilomètres autour des villes comprenant de plus de 50 000 habitants. 456 millions d'hectares se situent en bordure des agglomérations et 67 millions dans les centres urbains. Le résultat a été obtenu à partir de l'analyse d'images satellites. **L. C.**

SOURCE : A. THEBO, UNIVERSITY OF CALIFORNIA, BERKELEY, ETATS-UNIS.

S. FERRY / REDUX - REA

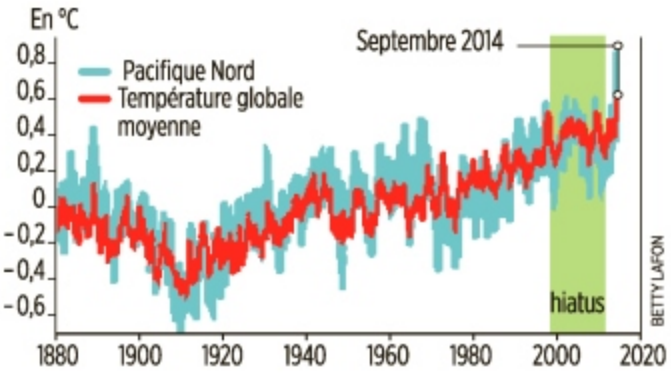
Une expérience d'agriculture urbaine au Venezuela.

40 m

Le recul maximal de la côte aquitaine

GÉOGRAPHIE Après les huit tempêtes qui se sont succédé de décembre 2013 à mars 2014 *(lire S. et A n° 809, juillet 2014, et n° 810, août 2014)*, l'Observatoire de la côte aquitaine a observé un recul généralisé du trait de côte de plus de 10 mètres en moyenne, dépassant fréquemment les 20 m et allant parfois jusqu'à 40 m. **R. M.**

Ça chauffe à nouveau sur les océans



BETTY LAFON

CLIMATOLOGIE Les températures des océans grimpent de nouveau après près de 15 ans de stagnation, affirme Axel Timmerman, climatologue à l'université de Hawaii. Cette hausse s'est amorcée dans le Pacifique Nord et s'est accompagnée d'un affaiblissement des alizés constaté en 2013. Ce serait donc la fin de l'« hiatus global », cette période où les températures des océans sont restées stables malgré une forte hausse des émissions de gaz à effet de serre. **L. C.**

Les croisières du **SAVOIR** SCIENCES ET AVENIR

CE QUE SAVAIENT LES CIVILISATIONS DISPARUES

Embarquer à bord d'une Croisière du Savoir, c'est goûter à la fois au plaisir du voyage et à celui de la découverte - en compagnie de grands scientifiques venus partager avec nous leur amour de la connaissance. En juin 2015, «Ce que savaient les civilisations disparues», de Sumer aux Mayas en passant par l'Egypte, nous fera redécouvrir le génie de l'homme au cours des temps - parfois oublié, mais dont nous sommes aussi les héritiers !

Les escales de cette croisière, de Venise à Istanbul en passant par Athènes, nous font à elles seules rêver. Que ce soit la tombe royale de Philippe II, père d'Alexandre le Grand, à Vergina, ou la vieille ville qui vit naître Dioclétien – oui, vous aviez sans doute deviné qu'il s'agit de Split – , ou enfin la Sublime Porte, Istanbul ! Surtout, chers amis de *Sciences et Avenir,* déjà ou futurs « croisiéristes du savoir », toutes sont emblématiques de civilisations qui nous ont légué de précieux trésors de connaissances dont nous avons su faire prospérer certaines… Mais combien d'autres avons-nous oubliées ? Avant, parfois, de les redécouvrir ! Précisément, « ce que savaient les civilisations disparues » sera le thème des conférences auxquelles vous assisterez pendant notre périple, un thème qui stimule notre imaginaire : de quoi rêver yeux et oreilles grands ouverts au cours de notre navigation.

Comme à chaque Croisière du savoir, la sixième (déjà) en cette année 2015, Yves Coppens, professeur au Collège de France, expert et admirateur de la formidable inventivité humaine qui s'est manifestée au cours des millions d'années dont nous sommes le produit, a réuni pour nous un plateau prestigieux. Nous lèverons les yeux vers le ciel et, avec Marc Lachièze-Rey, y décrypterons ce que les Anciens y ont vu, des millénaires avant nous. Nous découvrirons les nouveaux savoirs qui en ont jailli ! Car c'est bien là le génie humain que d'avoir su, comme nous le racontera Jean-Paul Demoule, créer, partout et toujours, à partir de l'observation de la nature, du ciel et des autres humains. Comme le dit le philosophe Michel Blay, qui voguera avec nous, *« nous avons du mal à imaginer qu'il y a des milliers d'années, des hommes savaient déjà effectuer des calculs sophistiqués »* ; mais aussi développer des pharmacopées efficaces ou des architectures complexes… Cette mémoire humaine est source d'étonnements extraordinaires. Venez la partager avec nous, en toute simplicité, chaleur et convivialité !

Dominique LEGLU
Directrice de la rédaction
de *Sciences et Avenir*

AVEC VOUS À BORD DU NÉO CLASSICA

CES PERSONNALITÉS PRESTIGIEUSES PENDANT TOUTE LA DURÉE DE LA CROISIÈRE

YVES COPPENS
• Paléontologue, académicien et professeur au Collège de France. Dernier ouvrage paru : « Pré-ludes ».

MICHEL BLAY
• Historien et philosophe des sciences, président du Comité pour l'histoire du CNRS. Dernier ouvrage paru : « L'existence au risque de l'innovation ».

JEAN-PAUL DEMOULE
• Archéologue et historien, professeur à l'université Paris 1-Panthéon-Sorbonne. Dernier ouvrage paru : « Mais où sont passés les Indo-Européens ? Le mythe d'origine de l'Occident ».

MARC LACHIÈZE-REY
• Astrophysicien théoricien, cosmologiste au laboratoire Astroparticule et cosmologie (CEA, CNRS, université Paris-Diderot, Observatoire de Paris). Dernier ouvrage paru : « Voyager dans le temps. La physique moderne et la temporalité ».

11 JOURS / 10 NUITS

Du 17 au 27 juin 2015

DE VENISE À ISTANBUL

A BORD DU
Néo Classica !

Jour	ESCALE	Arrivée	Départ
1	✈ Venise		18h00
2	Split	09h00	17h00
3	Corfou	14h00	20h00
4	En mer	-	-
5	Le Pirée/Athènes	07h00	14h00
6	Le Pirée/Athènes		14h00
7	Volos	08h00	19h00
8	Thessalonique	08h00	24h00
9	En mer	-	-
10	Istanbul	07h00	-
11	Istanbul ✈	-	Selon vols

5 % DE RÉDUCTION pour toute inscription avant le 31/01/2015

1890 € par personne en cabine intérieure occupée par 2 personnes.

Ce prix comprend :
- les transports aériens :
  - Paris, Lyon ou Nice ✈ Venise
  - Istanbul ✈ Paris, Lyon ou Nice
- Les transferts entre l'aéroport et le bateau
- La croisière en pension complète, boissons aux repas incluses
- Toute l'animation à bord et les conférences exclusivement réservées aux lecteurs de Sciences et Avenir
- La présence (sauf raison de force majeure) pendant toute la croisière des conférenciers invités par Sciences et Avenir

RENSEIGNEMENTS ET RÉSERVATIONS : BLEU VOYAGES SÉLECTOUR «CROISIÈRE DU SAVOIR»
LES JARDINS D'ENTREPRISE BÂT. B2 213 RUE DE GERLAND 69007 LYON
voyages-du-club@bleu-voyages.fr Tél. 04 72 76 75 66

Selectour Afat Bleu Voyages

Chiens et chats recourbent la langue pour capturer le liquide, mais pas de la même façon.

AGE FOTOSTOCK - GETTY IMAGES

L'un éclabousse, l'autre pas

Des chercheurs en mécanique des fluides se sont penchés sur les gamelles des chats et des chiens.

ZOOLOGIE Incapables de succion à cause de la morphologie de leurs joues, les chats et les chiens ont chacun leur stratégie pour arracher l'eau à la gravité. Ils recourbent la langue avant de laper le liquide, mais de façon différente : alors que le bout de la langue du chat brosse à peine la surface, celui de la langue du chien frappe puis plonge dans l'eau, provoquant un éclaboussement. Le chien rétracte sa langue rapidement, créant une accélération environ cinq fois supérieure à la gravité : le fluide adhère à la partie centrale et est aspiré jusqu'à la bouche par inertie. Le chat, lui, capture la colonne de liquide qui se forme entre la langue et la surface en fermant très promptement sa bouche. Pour les chercheurs du Virginia Tech (États-Unis), qui avaient déjà filmé un chat puisant de l'eau sans casser la surface en 2010, les félins savent d'instinct comment briser l'équilibre entre gravité et inertie, choisissant la vitesse afin de maximiser la quantité de liquide ingéré. Et sans se mouiller le menton. **R. M.**

Un nouveau ver luisant

ZOOLOGIE C'est un étrange ver luisant d'un peu plus d'un centimètre qu'ont découvert des entomologistes en résidence au Centre de recherche de Tambopata, en pleine forêt tropicale péruvienne. Ce qui semble être une larve de scarabée émet une lumière verte puissante qui attire fourmis et termites dont elle se nourrit. **L. C.**

JEFF CREMER

La lumière du ver attire les fourmis, ses proies.

L'APPLICATION DU MOIS

Les oiseaux et leurs mangeoires

ÉTHOLOGIE Comment se comportent les oiseaux l'hiver autour des mangeoires ? Viennent-ils se nourrir en bandes ? Quelle compétition entre individus ? Entre espèces ? Le Muséum national d'histoire naturelle répond à toutes ces questions dans une application pour smartphone. « BirdLab » permet en outre de transmettre ses observations aux chercheurs, qu'elles soient faites sur des mangeoires de jardins privés comme publics. L. C.

Les léopards vivent au plus près des hommes

PROJET WAGHOBA

Des chercheurs indiens équipent un léopard d'un GPS.

ÉTHOLOGIE Équipés d'un GPS, cinq léopards vivant en Inde ont été suivis à distance pendant un an par les chercheurs de Wildlife Conservation Society (WCS). Ils ont constaté que ces félins restent très près des hommes et fréquentent même des espaces très denses de la périphérie de Bombay, la mégalopole de l'ouest de l'Inde. Les léopards se déplacent la nuit pour éviter les hommes et dépendent de leurs élevages pour se nourrir. L. C.

13 Le nombre de gènes qui font du chat un animal domestique

Comparé au génome du chat sauvage, celui du chat domestique ne présente que quelques changements. **P. K.**

SOURCE : MICHAEL MONTAGUE, WASHINGTON UNIVERSITY SCHOOL OF MEDICINE, SAINT LOUIS, ÉTATS-UNIS.

À VOIR SUR TABLETTE

Le vol du colibri proche de celui de l'insecte

ENTOMOLOGIE

L'université Vanderbilt (États-Unis) a montré comment font les colibris pour rester en vol stationnaire devant une fleur afin d'y puiser le pollen. La reconstitution du vol grâce à un modèle informatique révèle un mouvement des ailes générant des turbulences qui produisent la portance dont ils ont besoin pour leur vol stationnaire. Des mouvements proches de ceux des insectes. **L. C.**

VANDERBILT UNIVERSITY

Modèle des turbulences créées par le vol du colibri.

SCIENCES : CHAQUE JEUDI À 20H45

LES MYSTÈRES DE L'UNIVERS

LES SECRETS DE NOTRE PASSÉ, LES CLÉS DE NOTRE FUTUR !

Satellites, robots explorateurs... 50 ans après les premiers pas de l'homme sur la lune, la conquête de l'espace n'a jamais été aussi passionnante. Chaque jeudi, faites un saut en apesanteur dans cette série exceptionnelle sur RMC Découverte.

RMC DÉCOUVERTE HD24

PLUS FORT QUE LA FICTION

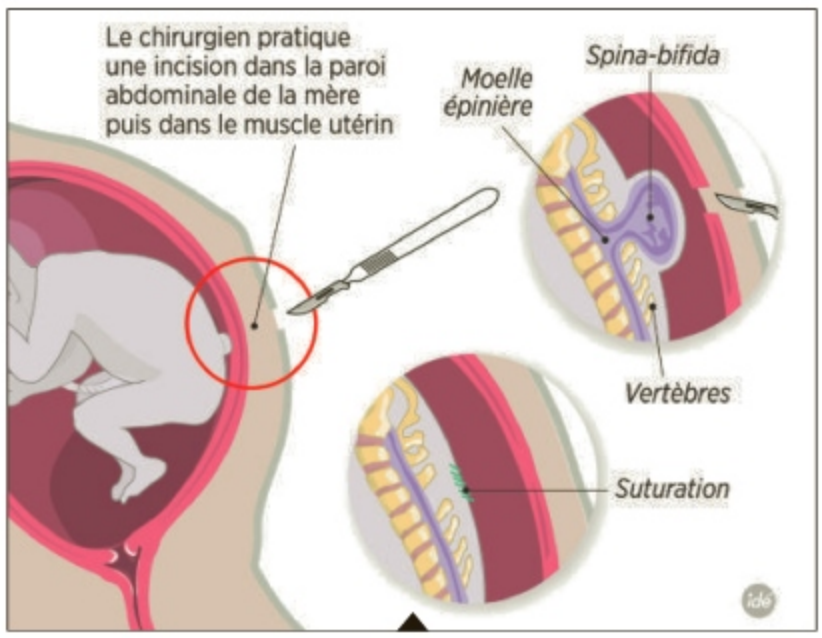
CANAL 24

Un fœtus opéré de la moelle épinière dans le ventre de sa mère

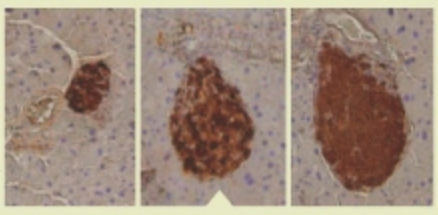
Cette intervention sur un fœtus de cinq mois atteint d'un spina-bifida a permis de supprimer une malformation du système nerveux.

CHIRURGIE C'est une première en France : une intervention *in utero* sur un fœtus de cinq mois atteint d'un spina-bifida, une anomalie de la moelle épinière qui fait saillie à travers la colonne vertébrale en raison d'un défaut d'ossification des vertèbres.

Cette malformation, la plus fréquente du système nerveux (une grossesse sur 1000), est diagnostiquée par échographie. Elle n'est pas mortelle mais entraîne de lourds handicaps, tels une paralysie des membres inférieurs, des troubles sphinctériens ou bien encore un retard au développement. Le plus souvent, un tel diagnostic a pour conséquence soit une interruption médicale de grossesse, soit une intervention chirurgicale pratiquée à la naissance. Or, une troisième solution existe, la chirurgie *in utero*. Mais parce qu'elle augmente le risque de naissance prématurée, elle n'était jusque-là pas pratiquée en France alors que les chirurgiens américains la proposent, eux, depuis déjà plusieurs années. Les chirurgiens français ont finalement franchi le pas et une petite fille est née début novembre par césarienne à huit mois de grossesse. **S. R.-M.**



C'est la première fois qu'une telle opération a lieu en France.



EMBL/D. BILBAO

Le traitement a permis au pancréas de se régénérer.

Des maladies auto-immunes stoppées chez la souris

IMMUNOLOGIE La progression de deux maladies auto-immunes, le diabète de type I et la sclérose en plaques, a été bloquée chez la souris par un traitement mis au point au Laboratoire européen de biologie moléculaire de Monterotondo, en Italie. L'injection continue d'un facteur de croissance, l'IGF-1, pendant trois semaines a entraîné la prolifération de cellules immunitaires protectrices et leur accumulation dans le pancréas ou la moelle épinière. L'effet protecteur induit agissait même une fois la sclérose en plaques installée chez la souris. **P. K.**

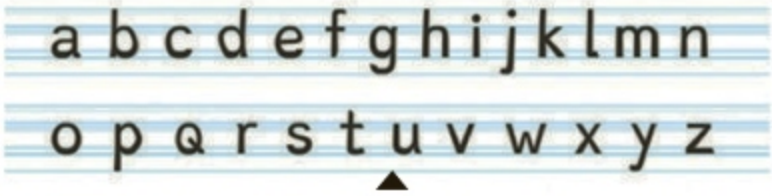
Un groupe sanguin associé à des troubles de la mémoire

GÉRONTOLOGIE Potentielle mauvaise nouvelle pour les personnes du groupe sanguin AB (4 % de la population mondiale) : celui-ci pourrait favoriser l'apparition des troubles de la mémoire liés au vieillissement. L'augmentation du risque de trouble cognitif serait de 82 %. L'étude menée sur 30 000 personnes de 45 ans et plus pendant 3 ans reste à confirmer. **E. S.**

SOURCE : KRISTINE ALEXANDER, UNIVERSITY OF VERMONT, BURLINGTON, ÉTATS-UNIS.

Un alphabet pour dyslexiques

NEUROLOGIE Le Gutenberg des dyslexiques s'appelle Christian Boer. Le Néerlandais, atteint de ce trouble neurologique, a conçu cette police de caractères, qui permet aux dyslexiques de lire plus aisément. Les lettres sont plus faciles à distinguer car chaque caractère a une forme unique. En téléchargement gratuit pour un usage personnel (www.dyslexiefont.com), cette police s'adresse aux 10 % des habitants de la planète qui souffriraient de ce trouble selon l'association caritative Dyslexia Action. **H. R.**



Chaque caractère a une forme unique, qui permet d'éviter la confusion.

COURTESY OF CHRISTIAN BOER

Un gel contre les saignements

HÉMATOLOGIE Ce sera peut-être bientôt une alternative aux pansements : un gel à base de plantes capable de stopper les saignements. Vetigel, dont la composition exacte est restée secrète, est en cours de mise au point par un étudiant américain. Le produit permet une coagulation très rapide, de 15 secondes à quelques minutes selon l'hémorragie. Prometteurs, les essais menés par la start-up Sineris n'ont pour l'instant été menés que chez l'animal. **S. R.-M.**

80 millions

Le nombre de bactéries échangées par « french kiss »

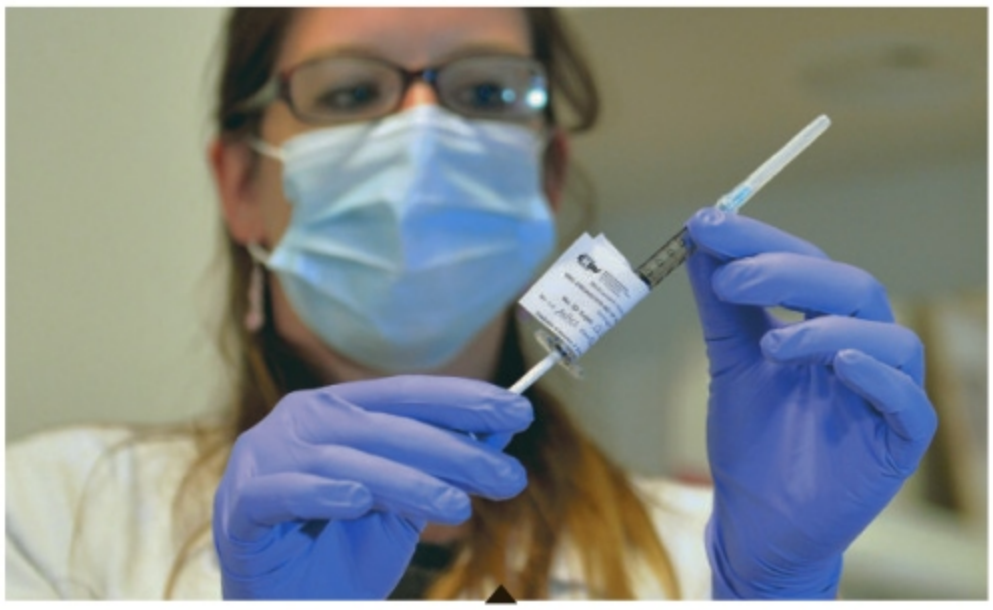
MICROBIOLOGIE Un couple qui s'embrasse 10 secondes 9 fois par jour finit par partager la même microflore buccale. **L. L.**

SOURCE : REMCO KORT, UNIVERSITÉ LIBRE D'AMSTERDAM (PAYS-BAS).

Le bracelet donneur d'alerte pour épileptiques

NEUROLOGIE Embrace veut sauver des vies. Ce bracelet connecté, mis au point par l'équipe de Rosalind Picard au Media Lab du MIT (États-Unis), est doté de capteurs d'activité électrique à la surface de la peau, de température, d'un gyroscope et d'un accéléromètre. Il détecte tout mouvement anormal annonciateur de crise d'épilepsie et donne l'alerte aussitôt par smartphone ou en faisant vibrer un autre bracelet porté par une tierce personne. Une campagne de financement participatif est lancée jusqu'à Noël sur la plate-forme Indiegogo. **E. S.**

EMBRACE



RICHARD JUILLIART/AFP

Le ChAD3 a été testé en phase 1 sur 120 volontaires à Lausanne (Suisse).

Essai prometteur d'un vaccin contre Ebola

Seul un vaccin pourra enrayer définitivement l'épidémie de fièvre hémorragique qui sévit en Afrique de l'Ouest.

INFECTIOLOGIE Un premier candidat vaccin contre Ebola a obtenu des résultats positifs lors d'un essai de phase 1 (test d'innocuité sur un petit nombre de patients). Publiée le 26 novembre dans le *New England Journal of Medicine*, cette étude sur le vaccin ChAD3 de la firme britannique GlaxoSmithKline (GSK) donne le feu vert à la tenue des phases 2 et 3 mesurant l'efficacité, lesquelles devraient démarrer en 2015 en Afrique de l'Ouest. Car, pour enrayer définitivement l'épidémie de fièvre hémorragique Ebola qui sévit actuellement dans cette région, les experts sont unanimes : un vaccin est indispensable.

Problème, faute d'investissements antérieurs, la recherche s'est mise en branle très tardivement. Actuellement, seuls deux candidats sont à l'étude. En dehors du ChAD3, l'entreprise américaine NewLink Genetics travaille de concert avec l'agence de santé publique canadienne pour développer le sien.

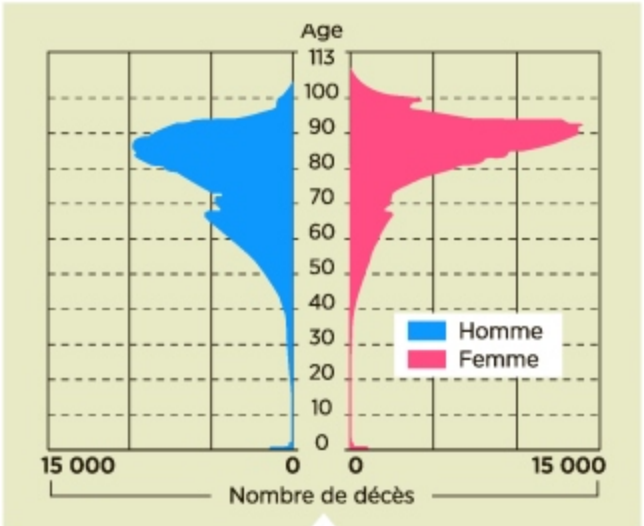
Il est encore trop tôt pour dire lequel des deux sera véritablement efficace. Toutefois, les laboratoires ont vite douché les flambées d'enthousiasme prématurées : comme le reconnaît GSK, il existe très peu de chances qu'un vaccin contre Ebola soit disponible avant 2016. **H. R.**

PAROLES

« Nous avons infléchi la trajectoire de l'épidémie [de sida]. *Nous avons maintenant cinq ans devant nous pour l'endiguer pour de bon ou voir l'épidémie repartir et devenir hors de contrôle. »*

Michel Sidibe, directeur général d'ONUSIDA.

On meurt de plus en plus vieux en France



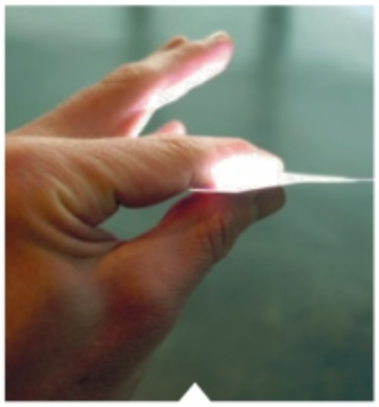
BETTY LAFON - SOURCE : INSEE

Répartition par sexe et par âge en 2013

DÉMOGRAPHIE Le nombre de décès n'avait pas été aussi élevé depuis 30 ans : 569 200 personnes sont mortes en France en 2013 d'après l'Insee. L'explication repose sur une évolution de la structure de la population : elle gagne en espérance de vie mais finit par arriver à des âges de plus forte mortalité (aujourd'hui 87 ans pour les hommes, 92 ans pour les femmes). Par ailleurs, il s'agit de la génération née dans l'entre-deux-guerres, plus nombreuse que la précédente marquée par la chute des naissances durant le premier conlit mondial. **M. N.**

Ce papier brille de mille feux

IMPRIMERIE *« Nous imprimons de la lumière »*, clame la société américaine Rohinni. Cette dernière a mis au point un papier lumineux qui pourrait changer la face de l'affichage de rue. Mélange d'encre et de minuscules LED pas plus grosses qu'un globule rouge, appliqué sur un support conducteur d'électricité, le Lightpaper (mot signifiant « papier léger » mais aussi « lumineux ») s'illumine dès que le courant est établi. Il pourrait voir le jour mi-2015. **H. R.**



ROHINNI

De minuscules LED et de l'encre ont été associées à un support conducteur.

250 M€

L'investissement pour l'étude d'un drone franco-britannique

Le français Dassault Aviation et le britannique BAE Systems se donnent deux ans pour étudier la faisabilité d'un futur drone de combat. Si ce projet débouche sur une production en série, ce ne sera cependant pas avant 2030. O. H.

Dans un appartement virtuel, la personne se déplace et agit avec trois niveaux de vision perturbée.

Vis ma vie de malvoyant

Une salle immersive de réalité virtuelle permet de mieux comprendre les différents troubles de la vision.

HANDICAP Plus qu'un exposé didactique, le meilleur moyen de comprendre la malvoyance reste encore de l'éprouver soi-même. C'est la réflexion qu'a menée la direction de l'institut des Hauts-Thébaudières à Vertou, près de Nantes. Le 27 novembre, ce centre médico-social spécialisé dans le handicap visuel a inauguré une salle immersive permettant de se déplacer dans un appartement en 3D virtuelle, mais où l'image altérée simule un problème de vue — vision floue, scotome (un point aveugle dans le champ de vision) ou vision tubulaire (la sensation de voir à travers une paille).

Appelé Sensivise, cet environnement a été développé par l'éditeur de logiciels Dassault Systèmes avec les équipes de l'institut. Tout y est réaliste, du rendu des matières aux éclairages en passant par les reflets et les couleurs. On s'y déplace en portant des lunettes 3D hérissées de petites boules blanches. Celles-ci servent de repères à des caméras qui transmettent ainsi aux logiciels les moindres mouvements et déplacements de la personne afin de recalculer l'image en temps réel. Des meubles aux accessoires, cet appartement est tout ce qu'il y a de plus banal. C'est justement le but : montrer à quel point une déficience visuelle complique le quotidien.

L'expérience peut aussi être réalisée à domicile en téléchargeant un logiciel sur www.sensivise.fr **A. D.**

INSTITUT DES HAUTS-THÉBAUDIÈRES, SENSITIVE

PAROLES

« Je suis en train d'élaborer un plan permettant de conserver un Internet libre et ouvert à tous »

Barack Obama, se prononçant en novembre en faveur de la neutralité du Net.

JOURNAL OF THE ROYAL SOCIETY

À VOIR SUR TABLETTE

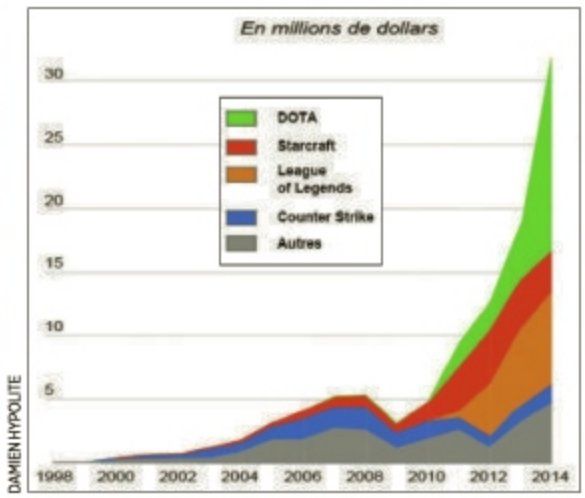
Des tampons pour jouer au gecko

BIONIQUE Les chercheurs de l'université Stanford (États-Unis) savent désormais monter comme des geckos sur des parois lisses et verticales. Ils ont développé des sortes de tampons capables d'adhérer à une surface vitrée. Placés sous les mains, ils se collent et se décollent facilement à chaque mouvement. L'adhésion résulte de petits phénomènes d'attraction — des forces de van der Waals — liés à la microstructure des pattes du gecko que les chercheurs de Stanford ont imitées. **O. H.**

Les gains des compétitions vidéo explosent

ÉCONOMIE En à peine seize ans, les récompenses financières dans les compétitions de sports électroniques ont été multipliées par 100. Sur la première marche du podium, on retrouve le jeu DOTA (Defense of the Ancients) qui cumule à lui seul 15 millions de dollars de prix offerts aux joueurs pour 2014. DOTA est un jeu de stratégie en temps réel dans lequel s'affrontent dans une arène virtuelle deux équipes de 5 joueurs. Les champions sont chinois. **D. H.**

SOURCE : E-SPORTS EARNINGS.



DAMIEN HYPOLITE

Les internautes ignorent volontairement les risques

PSYCHOLOGIE Si la plupart des utilisateurs d'ordinateurs affirment faire ce qu'il faut pour éviter d'être piraté, une étude comportementale américaine montre qu'il ne faut pas s'y fier ! L'expérience, durant laquelle des personnes sont exposées à des images d'alerte d'un risque informatique alors qu'ils surfent sur Internet, révèle que les utilisateurs ne tiennent en réalité pas compte des avertissements. Pourtant, leurs ondes cérébrales enregistrées par électroencéphalographie révèlent qu'ils perçoivent bien le danger. Mais ils décident volontairement de l'ignorer pour poursuivre leur activité. **A. D.**

SOURCE : ANTHONY VANCE, DÉPARTEMENT DES SYSTÈMES D'INFORMATION DE LA BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY, ÉTATS-UNIS.

EN BREF

VALISE CONNECTÉE. Delsey a conçu un prototype de bagage qui s'autopèse, affichant le poids sur une application mobile. **PROMENADE EN ANTARCTIQUE.** Pour célébrer le centenaire de l'expédition de Shackleton en Antarctique, Google a pris des photos sur place, consultables par StreetView. **ULTRA-HAUTE VITESSE.** L'université de Washington et le Dartmouth College ont mis au point un dispositif capable de saisir jusqu'à 100 milliards d'images par seconde.

Le bateau qui vole sur l'eau

HYDRODYNAMIQUE Voici le premier bateau électrique monté sur quatre foils, sortes de grands ailerons courbés. À partir de 12 km/h, ils créent assez de portance pour le faire « voler » au-dessus de l'eau. Les foils sont déjà utilisés sur les voiliers de course, notamment pour l'America's Cup. Ils augmentent les performances en réduisant la traînée dans l'eau. Le Quadrofoil, conçu en Slovénie, atteint les 40 km/h et dispose d'une autonomie de 100 km en ne consommant que 1 € d'électricité par heure. Il sera commercialisé dès mars prochain entre 15 000 et 22 500 €. **O. H.**

QUADROFOIL

QUESTIONS À

Thomas Signamarcheix laboratoire des substrats avancés du CEA-Leti

Le panneau solaire atteint presque 50 % de rendement

Une cellule solaire développée conjointement par le CEA-Leti, l'entreprise française Soitec et l'Institut Fraunhofer pour les systèmes énergétiques solaires (ISE), en Allemagne, a battu le record de conversion de la lumière en électricité : 46 %.

Pour réaliser ce record, vous n'avez pas utilisé les traditionnels panneaux en silicium ?
Nous utilisons d'autres semi-conducteurs, des matériaux dits III-V *[composés d'éléments chimiques des troisième et cinquième colonnes du tableau de Mendeleïev]* tels que l'arséniure de gallium, car ils présentent un rendement très élevé. Les capteurs sont en outre constitués de plusieurs couches dont chacune réagit dans une gamme de longueur d'ondes.

Ce record de 46 % restera-t-il confiné au laboratoire ?
Non. Notre cellule solaire a été fabriquée à l'aide d'une technologie consistant à coller les couches par de l'adhésion moléculaire : elle est développée depuis près de vingt ans et est parfaitement maîtrisée par l'industrie de la microélectronique.

Les rendements seront-ils aussi bons dans des grandes centrales ?
Les cellules à 46 % y seront encapsulées avec des lentilles qui concentrent la lumière du Soleil ainsi que d'autres dispositifs dans des systèmes photovoltaïques à concentration. Il y aura fatalement des pertes à chaque niveau. Aujourd'hui, le rendement est au mieux de 36,7 %, ce qui reste un record. **Propos recueillis par O. L.**

COURTESY SIGNA MARCHEX

DOSSIER

Le génie

une affaire de créativité

Einstein, Mozart, Marie Curie ou Picasso sont reconnus comme des génies. Toutes ces personnalités ont développé un don, la créativité. Un critère bien plus déterminant que le fameux QI, le quotient intellectuel jadis célébré. Quels sont les mécanismes du génie créatif ? Les gènes jouent-ils un rôle ? « Sciences et Avenir » donne des pistes pour révéler le créatif qui sommeille en vous !

Dossier réalisé par
Elena Sender

DEVANT UN FEU DE CHEMINÉE, un verre de bordeaux à la main, le réalisateur américain George Lucas (*Star Wars, Indiana Jones*) plonge dans ses souvenirs d'enfance. En face de lui, Nancy Andreasen, neuroscientifique et psychiatre de l'université de l'Iowa (États-Unis), lauréate de la National Medal of Science — la plus haute distinction scientifique du pays —prend des notes. Dans ce même fauteuil, se sont déjà succédé la romancière Jane Smiley, prix Pulitzer 1992, l'astrophysicien John Mather, prix Nobel de physique 2006, le mathématicien Bill Thurston, médaille Fields 1982 et les biologistes moléculaires Carol Greider et Liz Blackburn, prix Nobel de médecine en 2009... « *J'ai sélectionné des personnalités exceptionnelles qui ont réalisé des œuvres majeures dans leur domaine et ont reçu des prix prestigieux* », explique la psychiatre qui les accueille dans sa propriété. Déjà quinze personnes d'exception ont ainsi été mises sur la sellette et Nancy Andreasen entend en recevoir une vingtaine d'ici à fin 2015. L'objectif ? « *Comprendre quels sont les facteurs familiaux et environnementaux qui ont permis à leur haut potentiel créatif d'émerger* », explique la chercheuse. Toutes acceptent de se prêter à des tests cognitifs et à un examen d'imagerie cérébrale en IRM fonctionnelle « *pour permettre de comparer leurs structures et fonctions cérébrales à celles d'un groupe témoin* », poursuit l'experte qui a déjà « passé au crible » 30 écrivains talentueux américains dans les années 1990. Pour tenter de percer... le secret des génies.

Une capacité à ne pas confondre avec le QI

« *Le génie est une capacité à produire quelque chose de hautement original* », affirme Nancy Andreasen. « *Les génies sont ceux qui "font l'histoire" par leur contribution dans un domaine de créativité ou de leadership* », complète Dean Keith Simonton, chercheur en psychologie à l'université de Californie (États-Unis). Le tout selon ce que le scientifique appelle une « *définition historiométrique* » ou « *d'accomplissement* ». À ne — surtout ! — pas confondre avec l'autre définition du génie dite psychométrique caractérisant « *un individu ayant un QI* [quotient intellectuel] *exceptionnel de 140 et plus* » qui se mesure par un test mis au point selon l'échelle de mesure de l'intelligence créée par Alfred Binet et Théodore Simon en 1905. Car, toujours selon Dean Keith Simonton qui a étudié le QI de 282 personnalités, « *on peut avoir un QI extrêmement haut et ne rien accomplir et, à l'inverse, réaliser des productions majeures avec un QI de 120-130* ». (*Lire l'encadré p. 31.*)

Faire la liste des génies « *historiométriques* » n'est pas aisé puisque l'évaluation se fait sur des critères de production d'œuvres ou d'idées nouvelles. Si Einstein, Picasso, Victor Hugo, Mozart ou Léonard de Vinci font l'unanimité d'autres — comme Chagall, Ravel, Malraux, Marie Curie, Camille Claudel ou Napoléon — suscitent des débats aussi bien dans les discussions de comptoir que dans les colloques de spécialistes. Sans parler des contemporains comme l'astrophysicien Stephen Hawking, le réalisateur Steven Spielberg (*E.T., Jurassic Park...*), Steve Jobs (fondateur d'Apple), le prix Nobel de la paix Nelson Mandela ou le mathématicien Alexandre Grothendieck... entre autres. Gagnent-ils leur place au ▸

SOURCE : ROGER- VIOLLET - ILLUSTRATION MEHDI BÉNYEZZAR POUR SCIENCES ET AVENIR

COURTESY N. ANDREASEN

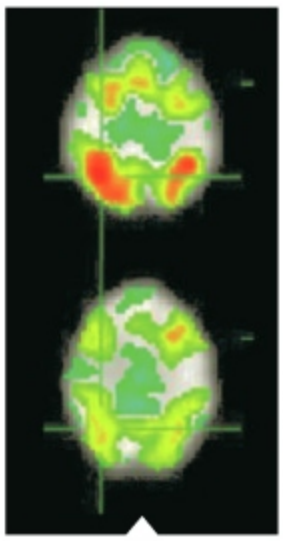
« Le génie est une capacité à produire quelque chose de hautement original »

Nancy Andreasen, neuroscientifique, psychiatre de l'université de l'Iowa (États-Unis)

panthéon des génies ? *« L'une des façons d'éviter les erreurs de jugement est certainement d'établir ce statut de manière posthume, une fois toutes les données réunies,* estime prudemment Dean Keith Simonton. *Notre évaluation historiométrique de Steve Jobs aurait été bien différente si elle était survenue en 1985, au moment où il s'est fait renvoyer d'Apple, avant qu'il ne revienne à la tête de l'entreprise en 1997 avec le succès que l'on sait ! »*
Un critère met cependant tout le monde d'accord : toutes ces personnalités ont en commun d'avoir surdéveloppé une capacité, la créativité.
Pour comprendre ce qu'est un « haut potentiel créatif », direction le Laboratoire adaptations travail-individu (Lati) de la faculté de psychologie Paris-Descartes, à Boulogne-Billancourt (Hauts-de-Seine), au cinquième étage du bâtiment principal. C'est le repaire de Todd Lubart, son directeur, psychologue américain débarqué de New York en 1994 et spécialiste de la créativité depuis les années 1980. Son credo : la créativité existe en chacun de nous. *« Il y a quatre niveaux de créativité — ou de "c" — que l'on évalue selon la portée de l'œuvre »*, explique-t-il *(voir le schéma p. 35)*.

Dix composantes associant cinq qualités cognitives

Le premier correspond à la capacité de reproduire quelque chose qui a déjà été inventé, comme cet élève qui applique un théorème de mathématique au cours d'un exercice par exemple. Le deuxième correspond à une créativité limitée au cercle personnel ou familial, comme cet oncle qui imagine sans relâche des recettes de cuisine ou cette grand-mère qui invente comme personne des histoires pour ses petits-enfants. Le troisième niveau concerne la créativité reconnue dans le milieu professionnel et dont on tire parti dans son travail comme le font les écrivains, les publicitaires, les ingénieurs, les chefs cuisiniers, etc. Enfin, au sommet, trône le quatrième niveau ou « big C », la super-créativité rayonnant au niveau international, engendrant une réorientation de la pensée dans un champ thématique donné et dont l'histoire se souviendra. Les Big C — comme les appellent les spécialistes — partagent des traits psychologiques selon Nancy Andreasen : audace, esprit de révolte, individualisme, absence de présupposés, persévérance, concentration, simplicité, aptitude au jeu, curiosité intense, humilité et désintéressement.
Todd Lubart a poussé plus loin l'analyse et en a déduit son modèle « multivarié ». *« Dix composantes sont nécessaires à la créativité,* assure-t-il, *associant ainsi cinq qualités cognitives — au premier rang desquelles la flexibilité mentale — et cinq traits de personnalité comme une grande ouverture d'esprit, et une tolérance à l'ambiguïté. »* Un test, intitulé EPoC, mis au point par le Lati permet d'ailleurs de mesurer le potentiel créatif chez l'enfant et l'adolescent. Durant quatre ans, des psychologues du laboratoire ont travaillé aussi sur Creative Profiler, un programme informatique d'évaluation du potentiel de l'adulte à partir de la mesure des dix dimensions par des épreuves en ligne *(lire l'encadré p. 35)*. Depuis un an, le programme tourne déjà dans quelques entreprises. Au final on obtient un profil en décagone (polygone à dix côtés) plus ou moins large et régulier. *« Un pur génie atteindra des maximums dans toutes les dimensions*, assure Benjamin Frantz, ingénieur en psychologie responsable du projet.


NANCY C. ANDREASEN

Un sujet créatif (en haut) active davantage ses aires associatives (en rouge) qu'un sujet témoin (en bas), qu'il soit scientifique ou artiste.

IMAGERIE

Eurêka, lorsque l'idée jaillit

L'imagerie cérébrale permet de saisir cet instant où le cerveau trouve une solution originale.

L'eurêka, le *aha moment*, l'éclair de génie, l'instant où l'ampoule s'allume... est visible dans le cerveau ! Un phénomène qu'explorent sans relâche John Kounios et Mark Beeman respectivement de l'université Drexel (Philadelphie, Pennsylvanie) et de la Northwestern University (Evanston, Illinois). Tout d'abord ce processus est plutôt le fruit de l'hémisphère droit, tandis que la pensée analytique implique davantage le gauche. Une première étude (Beeman, 2004) en IRM fonctionnelle et en électroencéphalogramme — qui mesure les ondes du cortex cérébral — l'a même localisé. Au moment où les volontaires apportent une réponse ingénieuse (créative), l'IRM montre une activité accrue dans le gyrus temporal supérieur droit *(schéma ci-contre,* ❶), zone activée lors d'associations entre différentes informations éloignées. L'EEG révèle à son tour une augmentation dans cette même zone ❷ des ondes gamma. Les chercheurs ont depuis affiné l'expérience (Kounios et Beeman, *Annual Review of Psychologie*, 2014). Ils ont mesuré les ondes gamma de volontaires devant répondre à des questions analytiques (déduction) ou créatives (association d'idées). On remarque alors que si les ondes cérébrales correspondant à la réflexion « analytique » ou « créative » se superposent au début, elles divergent 300 millisecondes avant que le volontaire appuie sur le bouton pour donner sa réponse ❸, prouvant que le processus mental n'est pas le même. L'EEG révèle aussi une chose inattendue, un pic d'ondes alpha (que l'on observe en méditation par exemple) survenant juste avant l'eurêka. Une sorte de calme concentré avant la révélation.

❶ **Le gyrus** temporal supérieur droit s'active quand l'idée fuse (vu en IRMf).

❷ **Cette zone** émet alors des ondes gamma (mesurés en EEG) .

J. KOUNIOS AND M. BEEMAN

❸ **Un pic d'ondes gamma** survient 300 millisecondes avant que le sujet trouve la solution créative.

BETTY LAFON - SOURCE : J. KOUNIOS AND M. BEEMAN

Cela peut arriver statistiquement, mais c'est très rare. »
Pourtant, réunir toutes ces composantes, à un niveau aussi élevé ne garantit pas le passage à la postérité ! « *Ces compétences sont nécessaires mais non suffisantes !* poursuit Todd Lubart. *Elles doivent rencontrer une époque, un environnement, un besoin de la société. Il faut la bonne personne au bon endroit au bon moment pour que le génie émerge.* » Et le psychologue de citer le philosophe Friedrich Nietzsche « *hissé au rang de génie bien après sa mort, lorsque son œuvre est entrée en résonance avec les préoccupations d'une époque* ». José de Valverde, conseiller d'orientation-psychologue, travaille avec le chercheur sur des études de cas, comme ceux de Vincent Van Gogh ou Frédéric Chopin afin de tenter de répondre à ces questions : « *Pourquoi le génie éclôt-il à un moment donné ? Pourquoi existe-t-il des périodes plus fécondes que d'autres ?* » Françoys Gagné, professeur de psychologie canadien, a esquissé des éléments de réponse en établissant en 2003 une théorie qui fait aujourd'hui référence : un potentiel créatif deviendrait un talent lorsqu'il rencontre des catalyseurs internes (personnalité, motivation) et/ou externes (entourage, éducation, moyens). Ainsi, si Van Gogh a été si créatif durant sa période dite arlésienne, c'est, selon José de Valverde, grâce, entre autres, à la luminosité du Midi, l'espoir d'une meilleure santé et une relation renoué avec son frère Théo. De même, Chopin a été particulièrement prolifique lorsqu'il séjournait à Nohant avec sa compagne, la romancière George Sand. À en croire ces modèles, les graines d'un potentiel créatif existeraient donc en chacun de nous, n'attendant qu'un « coup de pouce » pour croître au grand jour. Encourageant ! « *Il faut encore étudier ce processus, pour mieux comprendre comment intervenir au niveau éducatif afin de favoriser l'éclosion des talents* », martèle José de Valverde.
Que se passe-t-il au juste sous le crâne de ces esprits hautement créatifs ? Pour le savoir, il faut revenir à George Lucas — passionné d'anthropologie, d'histoire, de sociologie, de neurosciences, de technologie numérique, d'architecture, de design et de littérature — dont le cerveau a été observé à l'IRM tandis qu'il réalisait des tests cognitifs.

Une habileté à réaliser des connexions cérébrales

De quoi permettre à Nancy Andreasen d'établir un constat : « *Tout comme les autres personnalités créatives, il montre des activations plus fortes des cortex associatifs, ces aires cérébrales qui permettent les associations d'idées.* » Outre-Atlantique, à l'université Drexel près de Philadelphie, John Kounios, directeur du Creativity ▸

> **« Il faut la bonne personne au bon endroit au bon moment pour que le génie émerge »**
> **Todd Lubart,** psychologue, directeur du laboratoire Lati, faculté de psychologie Paris-Descartes, à Boulogne-Billancourt

> **La créativité viendrait d'une diminution du contrôle exercé par le lobe frontal sur le reste du cerveau. Les pensées seraient alors un peu moins disciplinées**
>
> **John Kounios,** directeur du Creativity Research lab, à l'université Drexel, Philadelphie (États-Unis)

Research lab et son confrère Marc Beeman, coauteurs de l'ouvrage *Eurêka Factor* (2014), étudient de près ce phénomène. « *La créativité peut être pensée comme l'habileté à faire des connexions non évidentes* », estime John Kounios.

Ainsi, l'écrivain Daniel Tammet, atteint du syndrome d'Asperger (une forme d'autisme) mais aussi génie des nombres et des langues, décrit « de l'intérieur » ce phénomène dans son ouvrage *Embrasser le ciel immense*. Le nombre 23, par exemple, lui évoque aussitôt 529 (soit 23 au carré) et il reconnaît immédiatement 989 comme le dernier nombre divisible par 23 avant 1000. « *Les nombres ne sont pas isolés, ils sont en interaction* », écrit-il. Et d'avancer cette hypothèse : « *Chez la plupart des individus, les tâches cognitives majeures (faire des calculs, comprendre le langage, analyser des informations sensorielles...) sont effectuées distinctement dans des régions cérébrales séparées. Une inhibition empêcherait les différentes parties du cerveau de se mêler du travail des autres.* »
Or, dans certains cas, cette inhibition serait moins forte, permettant des dialogues entre parties du cerveau peu habituées à com-

NEUROLOGIE

Doué par accident

Des personnes victimes de commotions cérébrales ont développé des capacités hors du commun.

La vie de Jason Padgett, un ancien vendeur de meubles de Tacoma (État de Washington, États-Unis), a pris une étrange tournure un soir de 2002, alors qu'il sortait d'un bar à karaoké. Violemment agressé dans la rue, il est victime d'une sévère commotion cérébrale dont il garde des séquelles : un syndrome de stress post-traumatique, une anxiété sociale et... un talent nouveau pour le dessin ! Le jeune homme se met en effet à représenter des figures géométriques complexes et affirme vivre une expérience de synesthésie (mélange des sens) inexpliquée : il « voit » les équations mathématiques prendre forme dans son esprit. En fait, Jason Padgett développe ce que les spécialistes appellent un « syndrome savant acquis ». Et il n'est pas le seul. En 1994, un chirurgien américain de 42 ans, Tony Cicoria, est foudroyé près d'une cabine téléphonique. Il en garde des problèmes de mémoire mais aussi une envie irrépressible d'écouter et jouer du piano. Il compose ses premiers morceaux en 2007 et ne cesse depuis de donner des récitals. Une petite trentaine de « génies » accidentels ont été ainsi recensés dans le monde. D'où ces dons émergent-ils ? Berit Brogaard, neuroscientifique à l'université du Missouri (Saint Louis, États-Unis), a scanné le cerveau de Jason Padgett en IRM fonctionnelle. Selon son étude, publiée dans *Neurocase* en 2013, ce dernier présente des lésions du cortex visuel, et, à proximité, une activation anormalement élevée du cortex pariétal de l'hémisphère gauche : celui-ci est connu pour être associé aux nouvelles images visuelles, aux mathématiques et à la planification des actions. Selon la chercheuse, les cellules nerveuses agressées libéreraient en mourant une forte concentration de neurotransmetteurs qui entraînerait une réorganisation des neurones voisins. Des connexions nerveuses inédites se formeraient alors dans les circuits neuronaux, pouvant faire jaillir de nouvelles capacités.

MICHAEL CLINARD

Blessé à la tête, Jason Padgett représente depuis son agression des objets mathématiques et des concepts physiques complexes.

muniquer entre elles. « *Je pense que c'est dans cette communication désordonnée entre des régions cérébrales habituellement distinctes que l'on peut trouver un début d'explication aux capacités numériques savantes, dont je fais moi-même l'expérience* », note-t-il. John Kounios penche aussi pour cette théorie de la désinhibition cognitive. « *La créativité viendrait d'une diminution du contrôle exercé par le lobe frontal sur le reste du cerveau. Les pensées des personnes créatives seraient donc un peu moins disciplinées.* » Même sous l'IRM, « l'éclair de génie » — comme on appelle cet instant où l'idée géniale fuse — reste mystérieux. Ainsi, que s'est-il réellement passé dans le cerveau de Descartes au cours de la nuit du 10 novembre 1619 où lui vint l'intuition d'une nouvelle méthode ? Et dans celui de Camille Saint-Saëns cette nuit du 21 avril 1915 où il rêva du final de sa symphonie en ut mineur avant de le retranscrire à son réveil ? « *L'illumination est cette soudaine conscience d'une nouvelle idée ou perspective* », explique John Kounios.

L'aboutissment d'un long processus inconscient

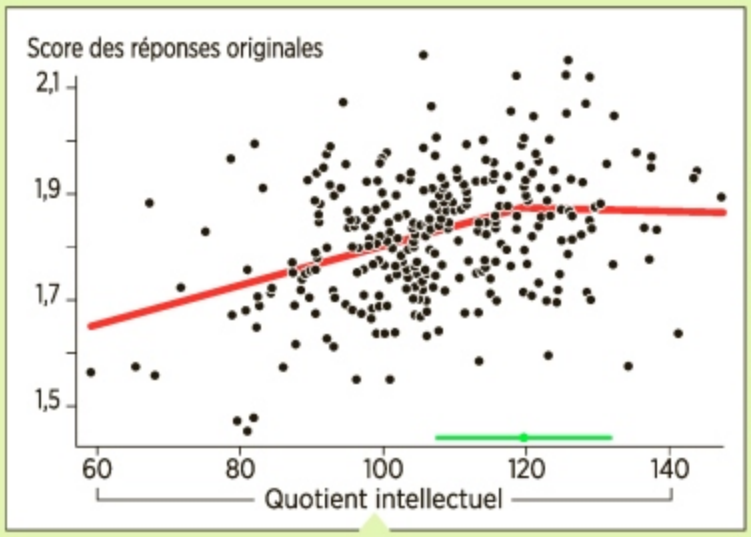
Certes, il est toujours possible de parvenir à produire de telles idées délibérément et méthodiquement, mais les cas sont rares. « *La révélation est souvent l'aboutissement d'un long processus inconscient qui émerge soudainement alors que la pensée analytique est délibérée et consciente, caractérisée par une réflexion par étape* », détaille John Kounios. Cette illumination (*insight*) est un moment de grande exaltation « *accompagnée d'une flambée d'émotions positives, qui se différencie de la satisfaction calme qu'apporte la pensée analytique* ». Et l'acteur majeur en serait plutôt l'hémisphère cérébral droit, impliqué dans les associations d'idées, alors que le gauche jouerait davantage un rôle dans la ▸

MESURES

Le QI ne fait pas le génie

Copernic, Rembrandt..., les grands noms des sciences ou des arts n'ont pas forcément un très haut quotient intellectuel.

Le club très sélect Mensa, qui n'accueille que des personnes au quotient intellectuel (QI) de plus de 135 points (2 % de la population, la moyenne étant à 100), n'aurait pas ouvert ses portes à Copernic, ni à Jean-Jacques Rousseau ou à Rembrandt. Leur QI n'a en effet été évalué qu'autour des 130 points ! En revanche, Blaise Pascal (180), Newton (160), Mozart (150) auraient été admis haut la main et Darwin (140)... de justesse. Le tout à en croire les travaux de Dean Keith Simonton et Anna Song, psychologues de l'université de Californie qui ont revisité l'étude d'une psychologue américaine de l'école de médecine de Yale, Catharine Cox, datant de 1926. En se fondant sur une hypothèse énonçant que le génie adulte était le fruit d'une très haute intelligence durant l'enfance, la psychologue avait entrepris d'évaluer *a posteriori* le QI d'hommes et femmes illustres. À partir de données biographiques sur leur développement intellectuel, elle avait appliqué la formule suivante : QI = ratio de l'âge mental sur l'âge réel x 100. Qui correspondait peu ou prou aux résultats au test de QI classique mis au point par Alfred Binet en 1905. Elle avait alors trouvé des scores battant tous les records : Pascal (195), Copernic (160), Newton (190) Mozart (165), Darwin (165) Rousseau (150). Dean Keith Simonton et Anna Song ont refait les calculs à partir des archives de Cox avec une autre méthode, plus fiable, et obtenu des scores bien inférieurs.



BETTY LAFON - SOURCE: E. JAUK (INTELLIGENCE, 2013)

À l'issue d'un test réalisé auprès de 297 personnes, il est apparu qu'un QI minimal de 120 environ est nécessaire pour obtenir le meilleur niveau d'originalité des idées produites. Au-delà le QI n'a plus d'influence.

La personnalité de chacun est déterminante

« *Des génies reconnus n'ont pas forcément un haut QI* », conclut-il. Même si un minimum est nécessaire. Ainsi « *un QI de 120 environ serait indispensable pour la créativité* », affirme Todd Lubart, psychologue à l'université Paris-Descartes *(lire l'article principal)*. « *Mais au-delà de 140 ça n'a plus d'influence.* » Pour preuve, une équipe autrichienne de l'université de Graz menée par Emanuel Jauk (*Intelligence*, 2013) a soumis 297 personnes à des tests de QI, de potentiel créatif et à un questionnaire d'accomplissement (littéraire, musical...) Résultats : aucun QI minimum n'est nécessaire pour s'accomplir. En revanche, lorsqu'on regarde l'originalité moyenne de l'ensemble des idées de chaque personne en fonction du QI, il existe un seuil, aux alentours 120, où l'on obtient les meilleurs scores *(voir le diagramme)*. Au-delà, l'intelligence ne joue plus aucun rôle. Ce sont les caractéristiques de la personnalité qui deviennent les plus prédictives de la créativité.

Le fantasme des gènes de l'intelligence

En Chine et aux États-Unis, des équipes tentent – en vain – de tracer le profil génétique de surdoués.

REUTERS

Le Beijing Genomics Institute (Chine) a pour objectif de tracer le profil génétique de 2000 surdoués.

« SI VOUS ÊTES DOUÉ *cognitivement, participez !* », peut-on lire sur le site Web du Cognitive Genomics Laboratory du Beijing Genomics Institute (BGI) en Chine, le plus grand institut de séquençage génétique au monde. L'équipe prélève l'ADN de ceux qui réussissent les meilleurs scores afin de séquencer leur génome. Objectif : tracer le profil génétique de 2000 surdoués. Car si pour l'Américain Steven Hsu, de l'université de l'État du Michigan, conseiller scientifique au BGI, « le » gène de l'intelligence n'existe pas, des milliers de mutations sur le génome affectent en revanche le quotient intellectuel (QI)... et il entend bien les découvrir.

L'anthropologue britannique sir Francis Galton a été l'un des premiers à affirmer que le génie était héréditaire, démontrant dans son ouvrage *Hereditary Genius* (1869) le caractère familial des capacités intellectuelles. Dans les années 1920, le psychologue américain Lewis Terman a étudié à son tour dans *Genetic Studies of Genius* l'hérédité des enfants surdoués. Mais c'est au début des années 2000 que la plus haute marche a été franchie avec le séquençage du génome humain, suscitant le fantasme des gènes du génie. Pourtant, dix ans plus tard, ceux-ci se dérobent toujours, y compris aux chercheurs du BGI : les premiers résultats, attendus pour 2013, ont été reportés. *« Ce sera plutôt cette année, en 2015, pour des raisons techniques de séquenceurs »*, assure cependant Laurent Tellier, autre responsable du BGI. Aux États-Unis, un projet « Einstein », lancé par le milliardaire Jonathan Rothberg et conduit par Max Tegmark, du MIT (Massachusetts Institute of Technology), vise quant à lui à séquencer le génome de 400 mathématiciens et physiciens théoriques parmi les plus brillants des États-Unis.

Sur 24 189 génomes individuels séquencés, 3 mutations ont été corrélées à un gain de 0,3 point de QI

Des travaux critiqués quant à leurs conséquences

Mais que le projet soit américain ou chinois, les critiques pleuvent en raison des conséquences potentielles. *« Si les projets trouvent des marqueurs pour le don des mathématiques, par exemple, cela pourrait servir de base à un avortement sélectif des fœtus ou à un choix d'embryons prédisposés lors de fécondations* in vitro », a ainsi déclaré —selon *Nature* — Curtis McMullen, mathématicien à l'université Harvard, médaille Fields 1998, qui a décliné l'offre de participer au projet Einstein. D'autres estiment que l'intelligence est un trait si complexe que l'étude de milliers d'individus n'obtiendra jamais une puissance statistique suffisante. Comme pour leur donner raison, une vaste étude publiée en septembre dans les *PNAS* et menée — entre autres — par deux collaborateurs du BGI, Robert Plomin, du King's College London, et Steven Pinker, de Harvard, obtient un bien maigre résultat. Sur 24 189 génomes d'individus séquencés, trois mutations ont été corrélées à un gain de... 0,3 point de QI seulement ! Les auteurs concluent qu'il faudrait observer plus d'un million de génomes pour aider à expliquer *« un peu mieux »* la base génétique de la capacité cognitive. Une quête sans fin ?

PHOTOS : JULIEN NELSON, UNIVERSITÉ PARIS DESCARTES - LCPI

Le projet Creativeness du laboratoire Lati cherche à augmenter le potentiel créatif des individus au travail, en créant des séances de « brainstorming » virtuelles originales, comme ici sur une plage...

... ou ici dans un décor angoissant représentant les portes de l'enfer.

Envoyer un avatar à sa place en réunion augmente, selon les recherches du Lati, le potentiel créatif...

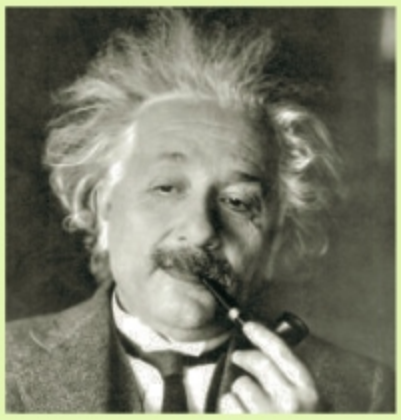
... d'autant plus si l'avatar arbore les attributs que l'on prête au génie.

pensée analytique comme l'ont montré des études menées ces quinze dernières années. De plus, des chercheurs ont pu déterminer par électroencéphalographie qu'une inhibition fugace des sens se produit juste avant que *« l'ampoule ne s'allume », « comme un phénomène inconscient de retrait en soi pour faciliter l'émergence de la solution »*, conclut John Kounios.

Bonne nouvelle : ces fulgurances pourraient être favorisées, à en croire le chercheur américain. À commencer par toutes les activités qui élargissent le champ de l'attention et évite la concentration. *« Une émotion positive, qui élargit l'attention, est bénéfique pour la créativité alors que les pensées anxieuses, en rétrécissant le champ attentionnel, sont délétères »*, note John Kounios. Selon une étude (Jarosz, 2012) une — petite ! — quantité d'alcool pourrait aussi favoriser l'émergence des idées par la désinhibition qu'elle entraîne. En revanche, contrairement à une idée reçue, *« il est peu probable que des drogues comme la cocaïne rendent quelqu'un créatif*, poursuit le chercheur. *Les psychostimulants forts concentrent en effet le mental sur les paramètres les plus évidents d'une situation, or c'est une attention étendue qui mène à la créativité »*. D'autres scientifiques ont tenté d'inter-

> **« Se mettre dans la peau d'un génie débride la créativité. Le nombre d'idées obtenues par personne double »**
>
> **Jérôme Guégan, psychologue** (Arts et Métiers, ParisTech, laboratoire CPI)

La petite histoire du cerveau d'Einstein



Le physicien Albert Einstein, père de la théorie de la relativité, est décédé en 1955.

Le médecin anatomiste Thomas Harvey a subtilisé le cerveau du savant après son autopsie en 1955.

Le cerveau a été longuement analysé par le médecin afin de percer le secret du génie.

Des centaines de coupes de l'organe cérébral du physicien ont ensuite été réalisées et font depuis l'objet d'une controverse scientifique sur ses particularités (lire également *S. et A.* n° 791, janvier 2013).

PHOTOS : EVI NUMER - D. FALK, F. LEPORE, A. NOE - FOCUS/COSMOS - ROGER VIOLLET

> **Les sujets créatifs ont un taux plus élevé de troubles mentaux**
>
> **Nancy Andreasen,** neuroscientifique, psychiatre de l'université de l'Iowa (États-Unis)

venir de manière plus directe. Deux études récentes ont ainsi été menées (Chi &Snyder 2011, 2012) en stimulation transcranienne à courant continu : le cortex fronto-temporal droit de plusieurs sujets a été stimulé alors que leur cortex fronto-temporal gauche était inhibé. Et ça a marché. L'expérience a augmenté de manière significative le score de résolution de deux problèmes nécessitant une solution créative. *« Mais cela soulève autant de questions que cela en résout*, commente John Kounios. *Est-ce l'activation à droite ou l'inhibition à gauche, ou les deux, qui produit l'effet ? A-t-on augmenté la créativité ou la perspicacité ? »* Le spécialiste préfère s'en tenir à des conseils simples : *« Lorsqu'on se sent près de l'"eurêka", il faut induire une humeur positive et élargir son attention par de multiples moyens pour ne pas rester centré sur le problème. C'est le meilleur moyen de favoriser l'éclair. »*

Dans le laboratoire Lati, les moyens à mettre en œuvre pour augmenter la créativité agitent les méninges. C'est d'ailleurs l'objet du projet Creativeness mené par les psychologues Julie Collange et Jérôme Guegan, avec deux groupes d'étudiants de l'université Paris-Descartes et des Arts et Métiers. Leur idée ? Abolir la traditionnelle réunion de *brainstorming* (agitation d'idées) autour d'une table pratiquée dans toutes les entreprises. Pour ce faire, chaque étudiant participant est donc prié de se faire remplacer par son avatar informatique — anonyme — lors de réunions virtuelles. Les psychologues réalisent alors un test de « pensée divergente » *(lire p. 33)* avant de comptabiliser le nombre et l'originalité des propositions faites par chacun. *« Le nombre d'idées augmente légèrement par rapport à une réunion classique car l'anonymat contrecarre l'autocensure et la peur du jugement »*, révèle Julie Collange. La suite de l'expérience est encore plus intéressante. Lors d'une autre réunion virtuelle, les étudiants sont priés cette fois de se choisir un avatar qui, selon eux, symbolise le mieux « le génie ».

Le savant fou, mythe ou réalité ?

Les avatars choisis par les « gadzarts » (étudiants des Arts et Métiers) portent presque tous blouse blanche et crinière d'Einstein tandis que ceux des étudiants en psychologie s'affublent de plumes et d'habits colorés. Et la magie opère ! *« Le nombre d'idées obtenues par personne double quasiment ! Se mettre dans la peau d'un génie débride la créativité »*, relate Jérôme Guegan. L'équipe cherche à présent à savoir si les caractéristiques du lieu virtuel ont une incidence. Une île paradisiaque ou les flammes de l'enfer stimuleraient-elles davantage notre potentiel créatif qu'une salle sans âme ?

Reste que la créativité débridée à son revers. *« Virgina Woolf s'est suicidée, de même que Vincent Van Gogh, Newton souffrait de paranoïa et Galilée, dépressif, était souvent cloué au lit »*, expose Dean

TEST

Mesurer votre potentiel créatif

Fournir des utilisations potentielles d'un objet quotidien révèle le niveau de votre pensée divergente

Êtes-vous un génie ? Pour le savoir il suffit de se reporter aux 4 catégories de C (c comme créativité) qui évaluent la portée de l'œuvre de votre vie *(voir tableau ci-dessous)*. On peut aussi mesurer son potentiel créatif (sa capacité à créer) grâce à des tests plus longs comme le programme Creative profiler*, mis au point par le laboratoire Lati de l'université Paris-Descartes. En une heure, tests et questionnaires s'enchaînent, certains chronométrés, pour évaluer dix critères. D'une part, cinq traits de personnalité cruciaux : l'ouverture d'esprit (une propension à chercher la nouveauté, à essayer des choses inconnues), la tolérance à l'ambiguïté (capacité à supporter des informations contradictoires), l'aptitude à suivre son intuition, la prise de risques et la motivation à créer. D'autre part, cinq dimensions cognitives essentielles sont mesurées : la flexibilité mentale, c'est-à-dire la faculté à changer d'optique, à explorer une nouvelle direction, l'aptitude à faire des associations d'idées, la pensée convergente (la capacité globale d'un individu à raisonner), la pensée analogique (la capacité à créer des métaphores). Et aussi la pensée « divergente », la capacité à produire des idées alternatives à partir d'une seule information initiale, un mot, une histoire, un objet. Un niveau élevé de pensée divergente est le plus souvent retrouvé chez les personnes créatives.

AFP

La rédaction de Sciences et Avenir a fait fuser ses idées sur l'utilisation d'un gobelet.

Pour tester cette dernière capacité, rien de plus simple selon Benjamin Frantz, ingénieur d'étude du Laboratoire de psychologie de Paris-Descartes, responsable du projet Creative profiler : il suffit de poser un objet usuel sur une table (stylo, cure-dents, bol...), de se munir d'un papier et d'un crayon et de lancer le chronomètre. Pendant cinq minutes, il s'agit dès lors de noter les idées d'utilisation de l'objet, en dehors de son utilisation habituelle. Puis de comptabiliser le nombre d'idées différentes ainsi obtenues. La rédaction de *Sciences et Avenir* s'est prêtée au jeu. Pendant cinq minutes, elle a fait fuser les idées autour d'un gobelet en plastique. Êtes-vous plus créatif qu'elle ? À vous de jouer !

* www.creativeprofiler.com

Les 4 niveaux de créativité

(Elle se mesure en fonction de la portée de l'œuvre accomplie)

RÉSULTATS

Entre 0 et 7 idées, vous avez produit autant d'idées que 25 % de la rédaction, mais 75 % en ont donc eu plus que vous...

Entre 8 et 10 idées vous avez produit plus d'idées que 25 % de la rédaction, mais 50 % en ont eu davantage.

Entre 11 et 12 idées, 50 % de la rédaction a eu moins d'idées que vous et seulement 25 % en ont eu plus.

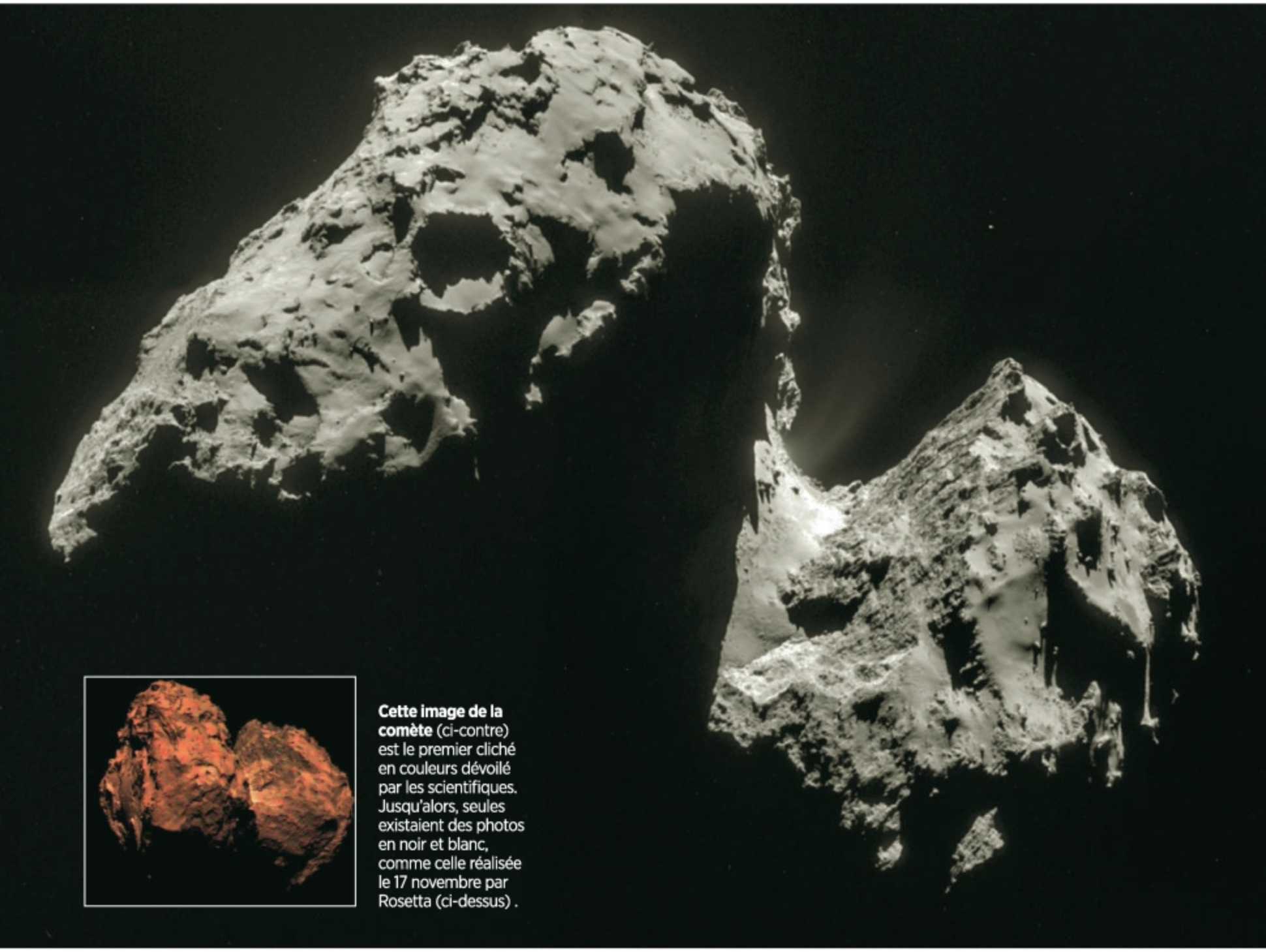
Plus de 13 idées : bravo, vous avez produit plus d'idées que 75 % de la rédaction.

Retrouvez p. 7 quelques-unes des réponses originales de la rédaction de *Sciences et Avenir*.

Keith Simonton, qui a analysé le lien entre folie et génie. *« Mon étude, portant sur 15 génies créatifs comparés à 15 témoins, montre un lien entre créativité et trouble mental,* rapporte Nancy Andreasen qui avait déjà établi ce rapprochement dans son étude précédente sur les écrivains. *Les sujets créatifs et leurs proches ont un taux plus élevé de troubles mentaux incluant les dépressions, l'anxiété, les troubles paniques, les troubles bipolaires et l'alcoolisme. Ils ont également une probabilité plus forte que les autres d'avoir dans leur entourage un ou plusieurs proches atteints de schizophrénie.* » Dean Keith Simonton évoque un paradoxe : dans la population générale, les créatifs semblent en meilleure santé mentale que les non-créatifs. Mais parmi les créatifs, les plus inventifs semblent mentalement plus fragiles. Sur cette question, deux camps s'affrontent. Le savant fou est-il un mythe ? Nancy Andreasen compte bien apporter une réponse à cette polémique. Le fauteuil de son salon n'a pas fini de livrer ses secrets. ■ @Elenasender

À LIRE

Notre hors-série
« Einstein aujourd'hui » actuellement en kiosque.



Cette image de la comète (ci-contre) est le premier cliché en couleurs dévoilé par les scientifiques. Jusqu'alors, seules existaient des photos en noir et blanc, comme celle réalisée le 17 novembre par Rosetta (ci-dessus) .

ESA / ROSETTA / NAVCAM - AGU

Philae, un atterrissage à rebondissements

Le petit robot, largué par la sonde Rosetta à la mi-novembre, est parvenu à se stabiliser sur la comète Tchouri après un atterrissage mouvementé. Avant d'entrer en hibernation, il a malgré tout réussi à remplir ses missions scientifiques et les chercheurs tablent sur un réveil possible.

Par Audrey Boehly

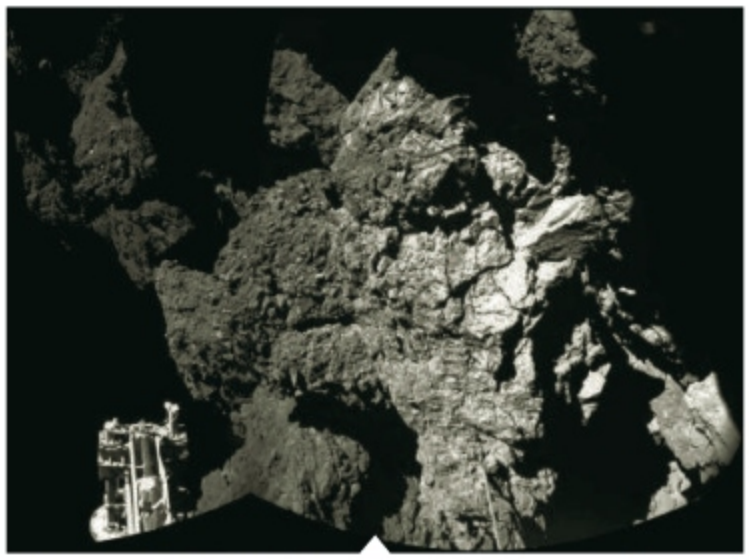
SES AVENTURES ONT TENU EN HALEINE la planète entière. Après avoir voyagé pendant dix ans dans les entrailles de la sonde européenne Rosetta, l'explorateur Philae a atterri le 12 novembre dernier sur le sol de la comète Tchourioumov-Guérassimenko, surnommée Tchouri. Un exploit inédit dans l'histoire de l'exploration spatiale *(lire* S. et A. n° 814, *décembre 2014)*. Mais au lieu de s'arrimer à la surface de cette boule de glace et de poussière, le laboratoire miniature a peut-être rebondi non pas deux... mais trois fois ! Et ce avant de finir son vol plané acrobatique à plus d'un kilomètre de son objectif, dans une zone ombragée qui ne lui permet pas — pour l'instant — de recharger sa batterie à l'aide de ses panneaux solaires. Avant d'entrer en hibernation dans la nuit du 15 novembre, le module a malgré tout rempli la quasi-totalité de ses missions scientifiques. *« Presque un miracle ! »*, souligne Francis Rocard, responsable des programmes d'exploration du système solaire au Cnes (Centre national d'études spatiales). Car, à plus d'un titre, la mission aurait pu tourner au fiasco.

Dès la nuit du 11 novembre, la mise en route des opérations n'avait pas eu lieu sous les meilleurs auspices. Plusieurs dysfonctionnements s'étaient accumulés, allant jusqu'à faire douter les équipes. *« J'ai bien cru que la manœuvre allait être reportée »*, avoue Sylvain Lodiot, responsable des opérations de vol de la sonde Rosetta à l'Agence spatiale européenne (ESA). Parmi les avaries, on compte celle du propulseur situé sur le toit de Philae et qui devait plaquer le module au sol lors de l'atterrissage. Son objectif : éviter un rebond qui pourrait se révéler fatal. Car dans les conditions de faible gravité qui règnent à la surface de la comète, le poids du petit engin grand comme un réfrigérateur n'est pas de 100 kg comme sur Terre... mais de quelques grammes seulement ! Heureusement, le propulseur n'était pas le seul système chargé d'empêcher le petit robot de faire le grand saut : outre l'amortisseur du train d'atterrissage et les vis au bout des pieds, une paire de harpons devait se déclencher lors de l'impact.

La décision est donc prise de procéder au largage. Le 12 novembre à 8 h 30 GMT (9 h 30 heure de Paris), la séparation a donc lieu comme prévu : la sonde éjecte Philae à moins de 1 km/h pour une chute libre qui durera sept heures. Le contact tant attendu avec la surface de la comète a lieu à 15 h 34. Mais ce n'est que vingt-huit minutes plus tard que les équipes de l'ESA — ainsi que les millions de personnes qui suivent l'événement en direct à travers le monde — en auront la confirmation, le temps que le signal parvienne jusqu'à la Terre. *« Nous avons atterri sur une comète ! »*, s'exclame alors, très ému, Jean-Jacques Dordain, directeur général de l'ESA. *« Nous avons touché le sol à environ 100 mètres de l'objectif seulement, une précision extraordinaire ! Près d'un milliard de trajectoires ont été modélisées pour parvenir à cet exploit »*, analyse aujourd'hui Francis Rocard.

ESA/ROSETTA/MPS FOR OSIRIS TEAM

Prise par Rosetta au cours de la descente de Philae, cette photo montre que l'explorateur a bien déployé son train d'atterrissage.



ESA/ROSETTA/PHILAE/CIVA

Philae vient de se poser sur la comète et réalise un de ses premiers clichés. On distingue l'un des pieds de l'atterrisseur (à gauche).

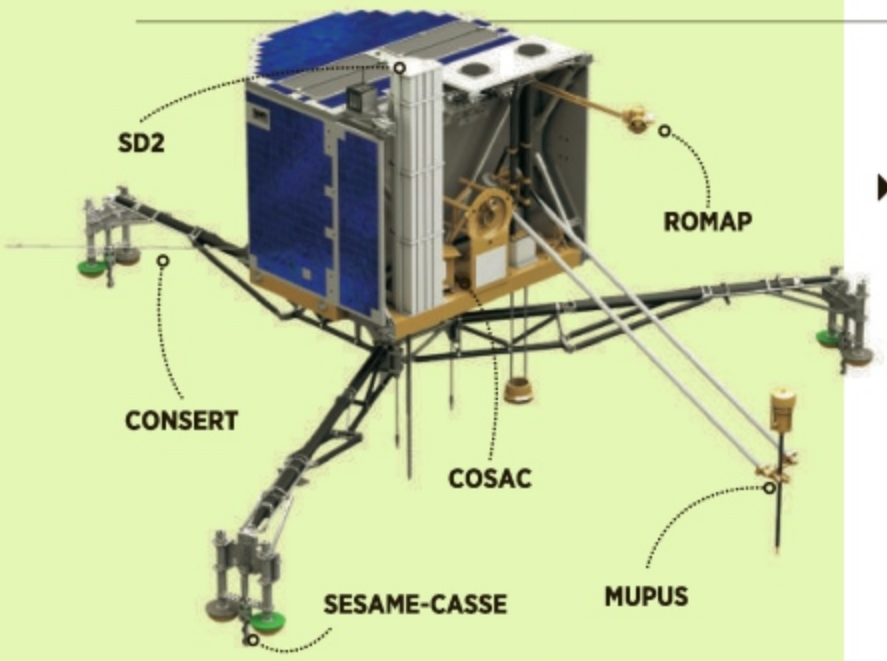
Lors de l'impact, les harpons n'ont pas fonctionné

Mais après à peine quelques minutes de liesse, l'inquiétude gagne les esprits. Les signaux émis par les panneaux solaires sont instables, indiquant que Philae est toujours en mouvement. Car au moment de l'impact, les harpons n'ont pas fonctionné. *« Les systèmes pyrotechniques qui devaient les propulser ne se sont pas déclenchés, nous cherchons encore à savoir pourquoi »*, décrypte Philippe Gaudon, chargé du programme Rosetta au Cnes. Depuis, grâce aux mesures de plusieurs instruments embarqués à bord de l'explorateur, les scientifiques sont parvenus à reconstituer partiellement l'incroyable vol plané qui s'est ensuivi. *« Lors du premier contact avec la comète, les pieds de Philae ont traversé une couche de poussière avant de rencontrer une surface dure, probablement de*

MAXPPP

« J'ai bon espoir que Philae donne de nouveau signe de vie fin mars »

Philippe Gaudon, chargé du programme Rosetta au Cnes



INSTRUMENTS

Les premièrs résultats

COSAC

Cet analyseur de gaz a détecté des molécules organiques formées d'au moins trois carbones en « reniflant » l'atmosphère à la surface de la comète. Reste à savoir si les données recueillies confirmeront la présence de molécules carbonées complexes, et pourquoi pas d'acides aminés — indispensables à la vie.

MUPUS

Ce capteur a mesuré une température d'environ -150 °C dans la zone d'ombre où a atterri Philae. Son marteau s'est déployé pour frapper la surface afin d'en connaître la nature. Mais même à pleine puissance, il n'a pu s'enfoncer que de quelques centimètres. D'après les scientifiques, le sol serait en effet recouvert d'une épaisseur de poussière de 10 à 20 cm sous laquelle se cache une couche de glace très dure. Vu la faible densité de la comète (moins qu'une éponge), le cœur du noyau devrait quant à lui être constitué de glace poreuse.

SD2

La foreuse, chargée de collecter des échantillons sous la surface puis de les distribuer à un microscope et à deux analyseurs de gaz pour en connaître la composition, a fonctionné correctement. Mais elle aurait visiblement foré dans le vide du fait de la position défavorable de Philae, deux pieds sur le sol et un dans le vide. Pour espérer récupérer de la matière en sous-sol, il faudrait parvenir à déplacer l'atterrisseur lors de son réveil.

SESAME-CASSE

Grâce à ses capteurs situés au bout des pieds, ce sondeur acoustique a enregistré le bruit du premier impact avec la surface de la comète. Ces vibrations indiquent que les pieds ont d'abord traversé une surface molle, probablement de la poussière, avant de heurter une couche de glace dure quelques millisecondes plus tard.

CONSERT

Par triangulation, cet instrument qui permet de mesurer la distance entre la sonde et l'atterrisseur a permis de déterminer la zone dans laquelle le robot porté disparu devrait se trouver.

ROMAP

Grâce aux mesures du champ magnétique effectuées par ce magnétomètre, les chercheurs ont pu reconstituer en partie le trajet effectué par Philae suite à son premier contact avec la comète.

la glace, sur laquelle il a rebondi à quelques centaines de mètres de hauteur », raconte Francis Rocard. Au même moment, l'ordinateur de bord a stoppé — comme prévu — le moteur d'entraînement de la roue d'inertie dont la rotation était chargée de stabiliser Philae en position verticale au cours de sa descente. Cette rotation s'est alors mécaniquement transmise à l'engin qui s'est mis à tourbillonner à toute vitesse, comme une toupie, au rythme d'un tour toutes les treize secondes *(voir l'infographie page suivante)*.

Pendant une heure, Philae a survolé ainsi la comète avant d'entrer en collision avec un relief élevé — peut-être le bord d'un cratère. « *D'après nos données, il semblerait que l'un des pieds ait touché un obstacle, ce qui a déstabilisé le module* », explique Ulrich Auster, responsable scientifique de l'instrument Romap chargé de mesurer le champ magnétique. Au lieu d'opérer une simple rotation sur lui-même, le robot se serait alors mis à virevolter dans les airs sens dessus dessous pendant près d'une heure encore. Ralenti par un nouveau rebond, il termine sa ronde folle au pied d'une zone rocheuse, à plus d'un kilomètre du site Agilkia initialement visé. « *Nous avons eu une chance incroyable*, estime Francis Rocard. *Non seulement il était intact, mais la position de ses antennes lui permettait de communiquer avec nous !* »

Pendant les deux heures qu'ont duré son saut de l'ange, Philae n'a pas chômé. Suivant son programme à la lettre, il a lancé ses premières salves de mesures scientifiques. « *Résultat, nous avons récolté des données en plusieurs endroits de la comète, une aubaine* », souligne l'astrophysicien. Mais dès l'immobilisation du robot, une course contre la montre débute : le mini-laboratoire doit effectuer un maximum d'analyses avant que sa pile ne s'épuise. « *Il a fallu reprogrammer d'urgence toutes les séquences expérimentales afin d'éviter de déstabiliser le module, en appui sur seulement deux pieds*, relate Philippe Gaudon. *Certains instruments, comme la foreuse avec laquelle il devait prélever des échantillons du sol, risquaient de le soulever, et s'il basculait nous pouvions perdre tout contact avec lui.* » Un défi largement relevé puisque tous les instruments ont fonctionné sans encombre et 80 % des mesures ont été réalisés avant que l'explorateur ne s'épuise, à cours d'énergie, un peu après minuit le 15 novembre.

La position précise du robot reste inconnue

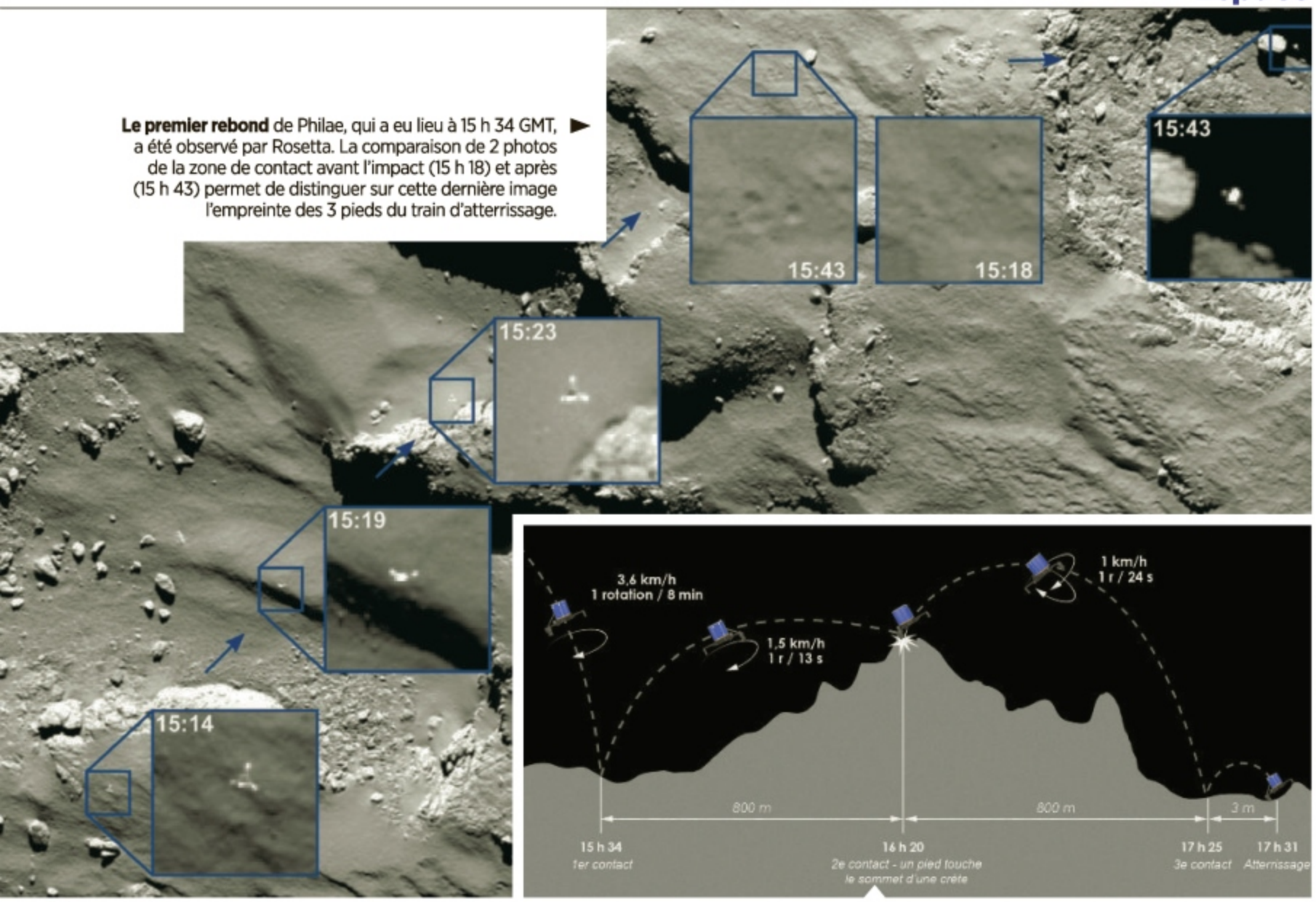
La position précise du petit robot, désormais plongé dans un profond sommeil, reste inconnue à l'heure où nous écrivons ces lignes. Par triangulation à l'aide de l'instrument Consert — qui permet de mesurer la distance entre la sonde et l'atter-

ÉPILOGUE

Et si Rosetta aussi atterrissait sur la comète Tchouri...

Au lieu de mettre en hibernation la sonde fin 2016 — lorsqu'elle sera trop loin du Soleil — ou, pire, de l'éteindre définitivement, l'ESA envisage une fin en apothéose pour l'héroïne Rosetta : un atterrissage sur sa comète, comme pour Philae. Avec un peu de chance, elle pourrait se poser en douceur à l'aide de ses propulseurs. S'il est peu probable qu'elle survive à l'opération, elle pourrait récupérer au passage de précieuses données scientifiques, les dernières de cette mission décidément hors norme (lire aussi sur notre site : sciav.fr/rosettasepose).

CNES / D. DUCROS, 2014



Le premier rebond de Philae, qui a eu lieu à 15 h 34 GMT, a été observé par Rosetta. La comparaison de 2 photos de la zone de contact avant l'impact (15 h 18) et après (15 h 43) permet de distinguer sur cette dernière image l'empreinte des 3 pieds du train d'atterrissage.

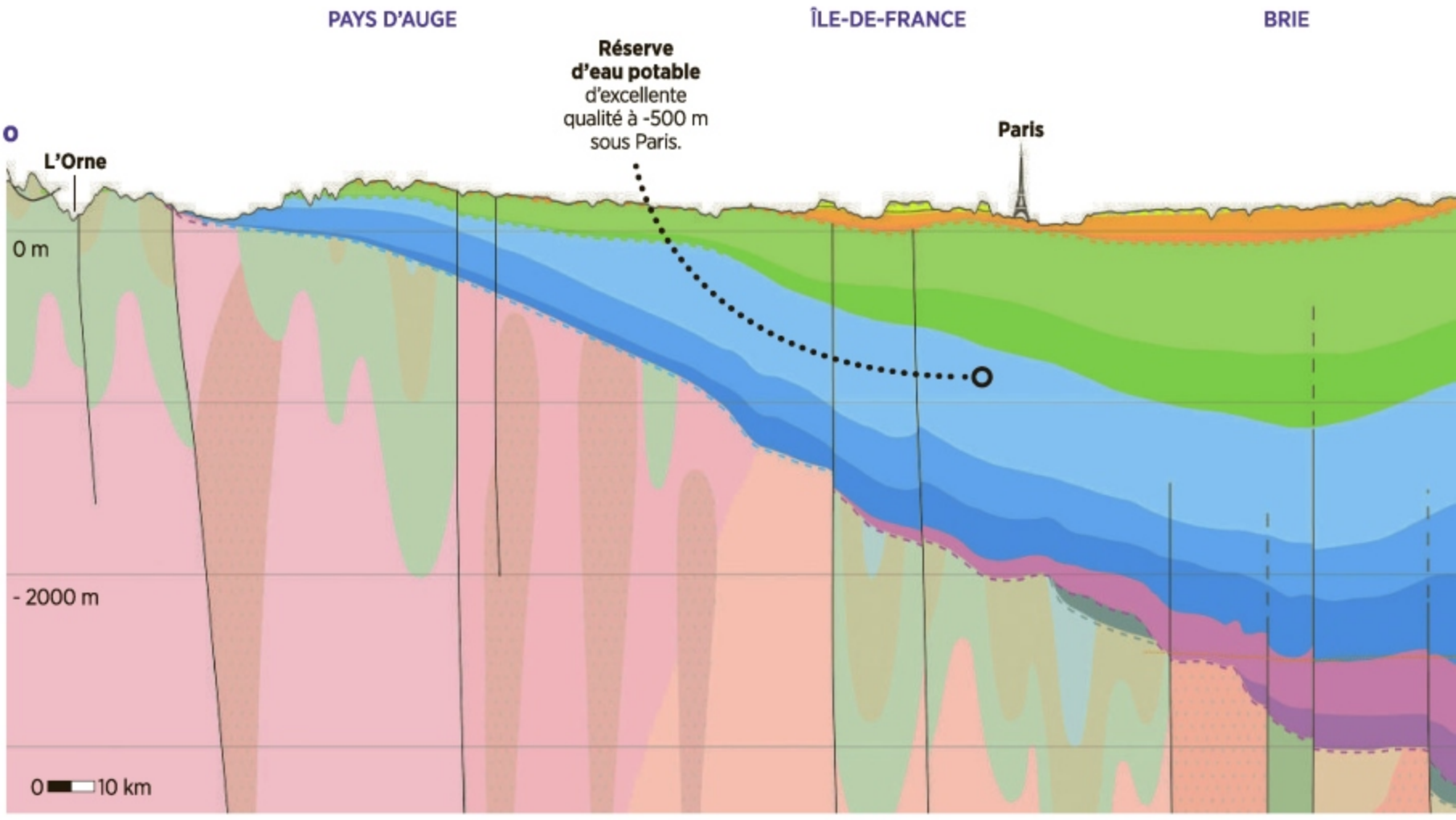
Philae aurait touché le sol de la comète trois fois avant de se stabiliser. Suite au premier rebond, l'explorateur se serait mis à tourner comme une toupie avant de heurter un relief. Il aurait terminé sa course après avoir effectué un dernier rebond.

risseur —, les scientifiques ont cependant circonscrit une zone de recherche. Des clichés de la région effectués par Rosetta à 30 puis 20 kilomètres d'altitude permettront peut-être de le localiser. *« Ce ne sera pas facile, car à cette distance il ne mesure que quelques pixels »*, décrypte Sylvain Lodiot. Or, « mettre la main » sur Philae reste essentiel pour exploiter au mieux les données scientifiques, mais aussi pour prédire exactement quand le module pourrait se réveiller. *« Lorsque nous saurons où il se trouve, nous pourrons calculer l'évolution de l'ensoleillement reçu par ses panneaux solaires »*, explique Philippe Gaudon. Aujourd'hui, le robot ne bénéficie que d'une heure et demie de lumière toutes les douze heures — contre sept heures sur le site Agilkia —, ce qui est insuffisant pour recharger sa batterie. Mais cette durée devrait progresser rapidement car la comète file actuellement en direction de notre étoile à la vitesse de 65 000 km/h.

Pour donner toutes ses chances au réveil de l'atterrisseur, restait à maximiser l'exposition de ses panneaux solaires, dont une partie demeure tapie dans l'ombre des rochers environnants. Voilà pourquoi, juste avant l'hibernation, les ingénieurs ont fait pivoter de 20° le corps de l'engin. Une opération risquée, certes, mais qui a permis d'accroître la surface photovoltaïque exposée au Soleil d'environ 30 %. *« Dans ces conditions, j'ai bon espoir que Philae donne de nouveau signe de vie fin mars »*, assure le chef de projet du Cnes. Ensuite, il faudra attendre encore un mois avant que ses instruments aient assez d'énergie pour se mettre en route. *« On devrait bénéficier de quelques heures de batterie par mois, pas plus »*, précise Francis Rocard.

Cependant, bonne nouvelle : dans cette configuration, le robot pourrait survivre bien au-delà des prévisions initiales — à condition qu'il ne soit pas soulevé par un jet cométaire et que ses panneaux solaires ne se couvrent pas d'une couche trop épaisse de poussière soulevée par le dégazage de la comète. Sur le site Agilkia, son équipement électronique — conçu pour résister au froid intense qui règne sur l'astre glacé — aurait dû « griller » au printemps sous l'effet de la chaleur solaire. Mais bien à l'abri sous sa falaise, Philae pourrait être encore en état de marche lorsque Tchouri passera au plus près de notre étoile le 13 août... voire au-delà ! Les rebonds ont peut-être eu du bon. ■

LE + NUMÉRIQUE
Retrouvez l'infographie animée de l'atterrissage de Philae sur **http://sciav.fr/815philae.** Et suivez sur notre site web les premiers résultats de la mission Rosetta divulgués lors du congrès de l'Union américaine de géophysique.



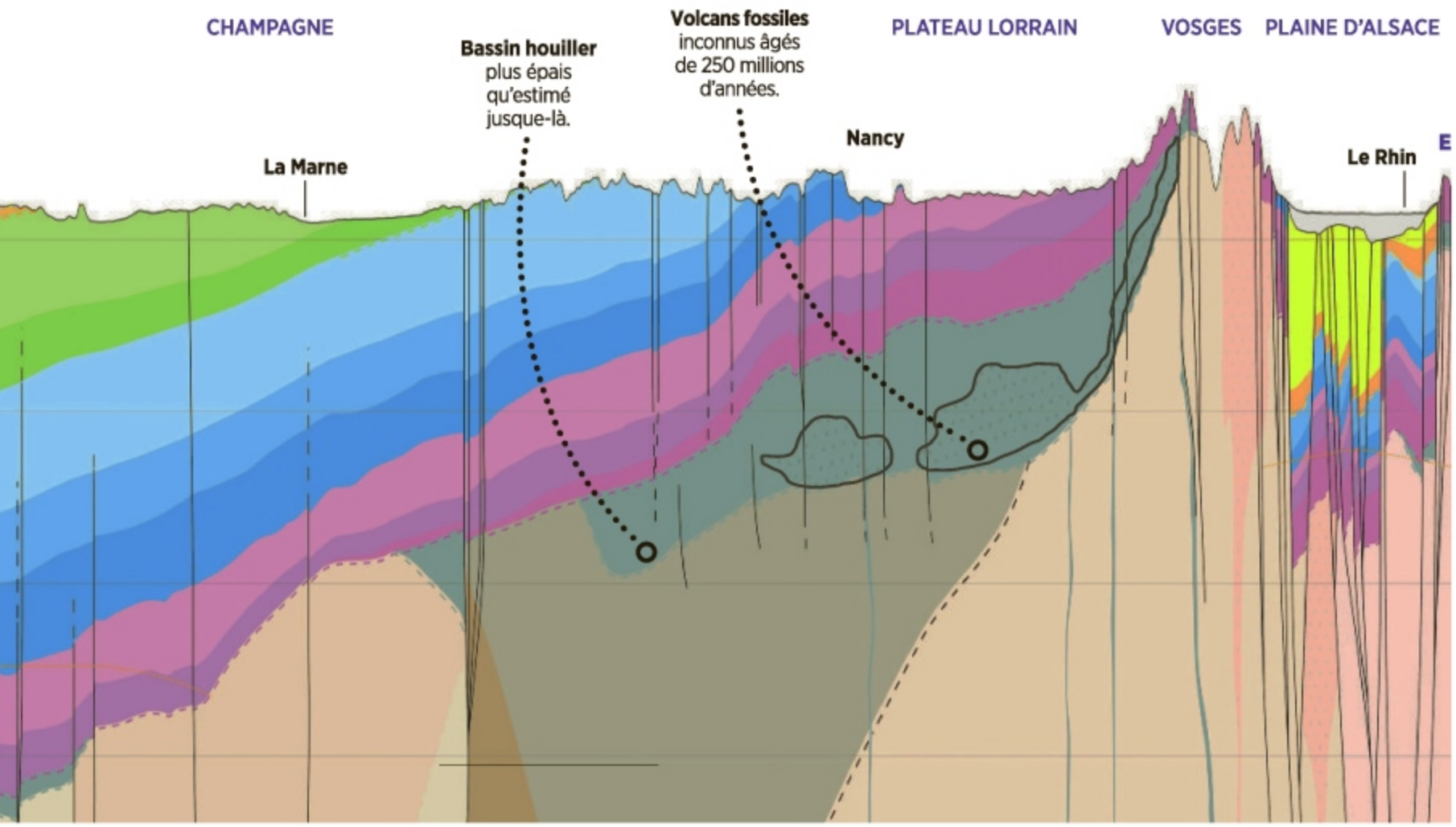
Des volcans fossiles et de l'eau potable sous le Bassin parisien

Cette coupe géologique, issue des données de sondage des compagnies pétrolières, révèle bien des surprises sur un tracé de 650 kilomètres.

DES RÉSERVOIRS D'EAU plus importants que prévus, du gaz de houille, un bassin houiller bien plus épais qu'estimé, des poches de pétrole et d'huile de schiste enfouies dans des couches d'argile et des volcans fossiles ignorés... mais pas de gaz de schiste. Voilà quelques-unes des surprises que révèle la nouvelle coupe géologique du Bassin parisien présentée par l'Association des géologues du Bassin parisien (AGBP), qui offre la vision la plus détaillée que l'on ait jamais établie de ce sous-sol depuis 1980, date de la dernière réalisation. Une foule de détails essentiels pour les géologues — et les compagnies minières — s'échelonnant le long de cette coupe effectuée sur un tracé de 650 kilomètres rejoignant le Massif armoricain aux Vosges *(voir la carte)*. *« Notre plus grand étonnement a été de découvrir des volcans fossiles âgés de 250 millions d'années sous le plateau lorrain*, explique

La nouvelle coupe s'étend entre le Massif armoricain et les Vosges.

Didier Bonijoly, président de l'association qui fête son demi-siècle d'existence. *Ils pourraient être dus au grand événement tectonique survenu il y a quatre-vingts millions d'années environ lorsque l'Afrique remontait vers l'Eurasie, comprimant et échauffant toute la lithosphère ouest-européenne.* *« Toujours à l'est, nous avons constaté que l'épaisseur du grand bassin houiller datant du carbonifère — entre -315 et -295 millions d'années — avait été sous-estimée, même*



si ses bordures étaient connues car exploitées en Lorraine », poursuit le spécialiste. Une information qui pourrait relancer, aux yeux des compagnies minières, la pertinence de mener ou non de nouvelles prospections. Enfin, la bonne nouvelle concerne les Parisiens. « *On a découvert sous la capitale une réserve d'eau potable d'excellente qualité à 500 mètres de profondeur. Elle pourrait être utilisable en cas d'incident environnemental majeur, comme une pollution de la Seine* », révèle Didier Bonijoly.

Des données sensibles déclassifiées récemment

C'est essentiellement grâce aux milliers de données rendues publiques par les compagnies pétrolières que cette carte a pu être élaborée. Celles-ci utilisent la méthode de « sismique réflexion » : des camions de prospection équipés de plaques vibrantes provoquent, au niveau du sol, des vibrations qui se propagent à travers les couches géologiques. Lorsque ces ondes rencontrent des discontinuités géologiques, comme des failles qui pourraient piéger le pétrole, une nappe d'eau ou d'hydrocarbure, elles sont réfléchies vers la surface, comme la lumière se réfléchit sur un miroir. Elles sont alors enregistrées par un ensemble de capteurs au sol, les géophones. C'est en interprétant ces profils sismiques que les géophysiciens dressent des cartes du sous-sol, qui restent propriétés des compagnies pendant plusieurs années avant d'être « déclassifiées », donc rendues publiques comme elles l'ont déjà été en 1980. En se référant désormais à cette nouvelle coupe, les sociétés spécialisées en ressources pourront effectuer d'éventuelles demandes de permis de prospection pour l'eau, les hydrocarbures ou encore la production d'énergie géothermique. ■ **Azar Khalatbari**

Le cénozoïque
C'est l'ère géologique la plus récente, qui a débuté il y a 66 millions d'années après la grande extinction ayant vu disparaître, entre autres, les dinosaures.

Le mésozoïque
Il s'étend de -252,2 à 66 millions d'années
La quasi-totalité de l'histoire du Bassin parisien s'inscrit dans cette ère, subdivisée en trias, jurassique et crétacé.

Le paléozoïque
Il s'étend de -541 à -252,2 millions d'années.
Il est subdivisé en cambrien, ordovicien, silurien, dévonien, carbonifère, et permien (du plus ancien au plus récent).

Le précambrien
Il désigne les couches géologiques formées avant -252,2 millions d'années. C'est la première période de la Terre, dont l'âge est estimé à 4,56 milliards d'années.

POUR EN SAVOIR PLUS

▸ « Le Bassin parisien, un nouveau regard sur la géologie », 232 p., 40 €, à commander auprès de l'Association des géologues du Bassin parisien sur http://www.agbp.fr

SOLIDITÉ Capacité d'un fil à résister à la rupture lorsqu'on tire à chaque bout, aussi appelée résistance à la traction.

TÉNACITÉ Quantité d'énergie qu'un matériau peut absorber avant de casser.

ÉLASTICITÉ Rapport entre la longueur de la fibre au moment de la rupture et sa longueur à l'état initial.

La soie d'araignée entame sa mue industrielle

Cette fibre naturelle, dix fois plus fine qu'un cheveu, combine ténacité et élasticité. De nouveaux procédés permettent de la produire à l'échelle industrielle. Explications.

La néphile dorée produit un fil couleur d'or aux excellentes propriétés mécaniques.

AGEFOTOSTOCK

DES CENTAINES DE PASSAGERS à bord d'un train dont les freins ont brusquement lâché... qui pourra les sauver ? Spiderman bien sûr ! Dans cette scène du film *Spiderman 2*, le super-héros parvient *in extremis* à stopper le convoi grâce à une dizaine de fils d'araignée projetés sur les buildings alentour. Un scénario à grand spectacle... mais tout à fait réaliste selon Randy Lewis, biologiste à l'université d'État de l'Utah (États-Unis) ! « *Nous avons fait les calculs en fonction de l'épaisseur des fibres, de leur nombre, de la vitesse et du poids total estimé. Spiderman aurait bien été capable de stopper ce train !* », estime-t-il.

Pour ce scientifique américain, le potentiel offert par la soie d'araignée comme matériau ultra-performant n'est donc pas de la science-fiction. « *Cette fibre naturelle, dix fois plus fine qu'un cheveu, combine solidité et élasticité d'une manière unique surpassant tous les composés conçus par l'homme* », affirme-t-il. En 2012, il a fondé la start-up Araknitek chargée d'en développer la production à l'échelle industrielle. Son usine pilote, inaugurée il y a à peine trois mois, ne fabrique pas encore du fil d'araignée à proprement parler mais des protéines de soie arachnéenne, à hauteur de plusieurs kilogrammes par semaine. Avec une mise sur le marché prévue d'ici à deux ans...

Une demi-douzaine de start-up américaines, coréennes ou japonaises se sont également engouffrées dans ce créneau tandis que la société allemande AMSilk commercialise déjà ces protéines. Objectif : les incorporer dans des produits cosmétiques (pour leur douceur) ou les employer dans des secteurs comme l'automobile, l'aéronautique, les textiles techniques ou le domaine médical grâce à sa biocompatibilité *(lire l'encadré p. 44)*. « *Nos procédés de fabrication sont désormais économiquement viables* », se réjouit Christian Iverson, directeur du développement chez Araknitek.

BETTY LAFON

Le fil d'araignée est constitué de zones cristallines qui assurent sa solidité et de zones désorganisées qui lui donnent son élasticité.

Une production de masse qui paraissait pourtant illusoire il y a quelques années à peine, et sur laquelle de grands noms de l'industrie chimique comme DuPont s'étaient cassé les dents.

La solidité de l'acier et l'élasticité du Nylon

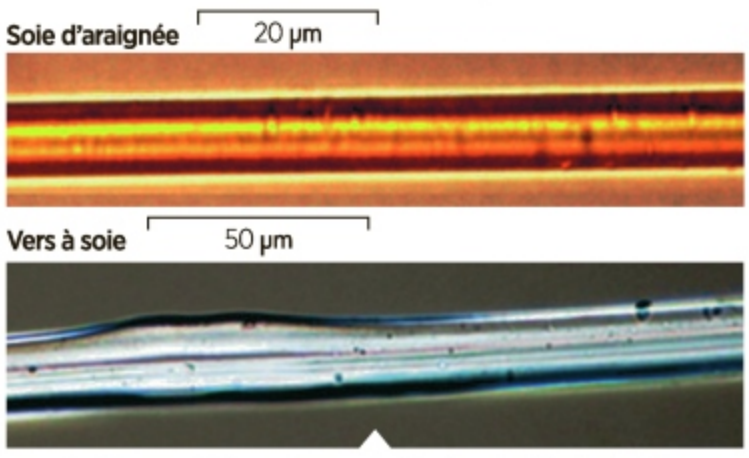
Certains chercheurs, comme Philippe Colomban, directeur de recherche au CNRS spécialisé dans l'analyse mécanique des matériaux, mettent en garde contre un enthousiasme parfois excessif quant aux propriétés de cette fibre naturelle. Néanmoins, la plupart des scientifiques s'accordent à reconnaître ses qualités exceptionnelles. Peaufinée par la nature pendant 380 millions d'années d'évolution, elle allierait — à poids équivalent — la solidité de l'acier, la ténacité du Kevlar et l'élasticité du Nylon, le tout pour une faible densité. « *Des propriétés remarquables dues à la structure microscopique du matériau, une architecture unique qu'on ne retrouve pas dans la soie filée par le ver à soie* », décrypte Bernard Mauchamp, ancien directeur de recherche à l'Institut national de la recherche agronomique (Inra). Ses longues chaînes moléculaires sont en effet constituées d'un enchaînement de protéines appe-

KRAIG BIOCRAFT LABORATORIES

La start-up américaine Kraig Labs produit des fils contenant jusqu'à 10 % de soie d'araignée grâce à des vers à soie génétiquement modifiés.

lées spidroïnes. De par leur composition, ces dernières forment une alternance de zones organisées qui lui confèrent sa solidité, et de régions désorganisées, capables de s'allonger comme des ressorts, qui dopent son élasticité. Longtemps convoitée, la fibre arachnéenne n'avait jamais pu être produite à grande échelle. *« Pour obtenir à peine 1 gramme de soie, il faut un millier d'araignées !* raconte Bernard Mauchamp. *Ainsi, une cape en soie exposée en 2009 au muséum d'Histoire naturelle à New York a nécessité le travail de plus d'un million d'arachnides [voir p. 44].* »

Une soie visiblement plus douce



PHILIPPE COLOMBAN

La fibre produite par les arachnides (en haut) est plus fine et plus lisse en surface que sa cousine fabriquée par les vers à soie, ce qui lui confère une plus grande douceur.

Car non seulement ces petites bêtes à huit pattes fabriquent des fils de faible longueur — pas plus d'une centaine de mètres lorsqu'on les extrait mécaniquement à l'extrémité de leur abdomen, contre 1500 mètres dans un seul cocon de ver à soie — mais il demeure impossible d'en réaliser un élevage suffisamment dense. Ces cannibales n'hésitent pas en effet à défendre leur territoire en dévorant leurs congénères.

Pour industrialiser la production, les chercheurs se sont donc tour-

APPLICATIONS

Des utilisations dans de nombreux domaines

DES CÂBLES HAUTE PERFORMANCE
pour l'escalade ou les travaux en hauteur.

DES TEXTILES TECHNIQUES
pour des voiles de bateau ou des parachutes plus résistants.

DES CARLINGUES D'AVION
ou des carroseries automobiles offrant légèreté et solidité.

DES PANSEMENTS
ou des fils de suture qui ont l'avantage de se biodégrader sur la plaie.

DES REVÊTEMENTS POUR IMPLANTS
(par exemple mammaires) afin d'améliorer leur biocompatibilité.

MEHDI BENEYEZZAR

nés vers la bio-ingénierie. « *Nous transférons le gène de l'araignée ou un gène optimisé par nos soins dans le génome d'un hôte ensuite capable de produire la protéine de soie* », explique Randy Lewis, dont l'équipe travaille sur plusieurs types d'organismes génétiquement modifiés. Des chèvres peuvent ainsi produire la molécule dans leur lait (elle sera ensuite extraite et purifiée) et des plants de luzerne dans leur feuillage. Sans oublier la bactérie *E. Coli*, elle aussi est mise à contribution ! C'est cette dernière qui, cultivée en grande quantité dans l'usine pilote de la société Araknitek, devrait permettre une première commercialisation. Une méthode aussi plébiscitée par l'allemand AMSilk, le japonais Spiber ou l'équipe coréenne du KAIST (Korea Advanced Institute of Science and Technology). « *Nous utilisons de préférence cet organisme car sa manipulation génétique et sa culture industrielle sont bien maîtrisées* », explique Sang Yup Lee, professeur au KAIST.

La solidité n'atteint pas encore celle de l'original

Produite dans des fermenteurs de plusieurs centaines de litres, la bactérie est ensuite centrifugée pour en extraire la protéine. Cette dernière est purifiée puis déshydratée afin d'obtenir une poudre blanche comme neige — un véritable concentré protéique — qui sera de nouveau dissous puis façonné sous forme de fil, de film, de gel ou de billes en fonction de l'application envisagée. « *Nos fibres synthétiques ont une élasticité et une ténacité proches de celles de l'original, mais nous sommes encore loin du vrai fil d'araignée en termes de solidité* », reconnaît Randy Lewis. Un défaut qui pourrait en partie s'expliquer par la dimension de la molécule synthétique, bien plus petite que sa cousine naturelle. « *La protéine de soie est de taille imposante, mais les techniques actuelles de bio-ingénierie n'autorisent pas à transférer la totalité du gène qui permettrait d'en produire une de taille équivalente* », souligne Bernard Mauchamp.

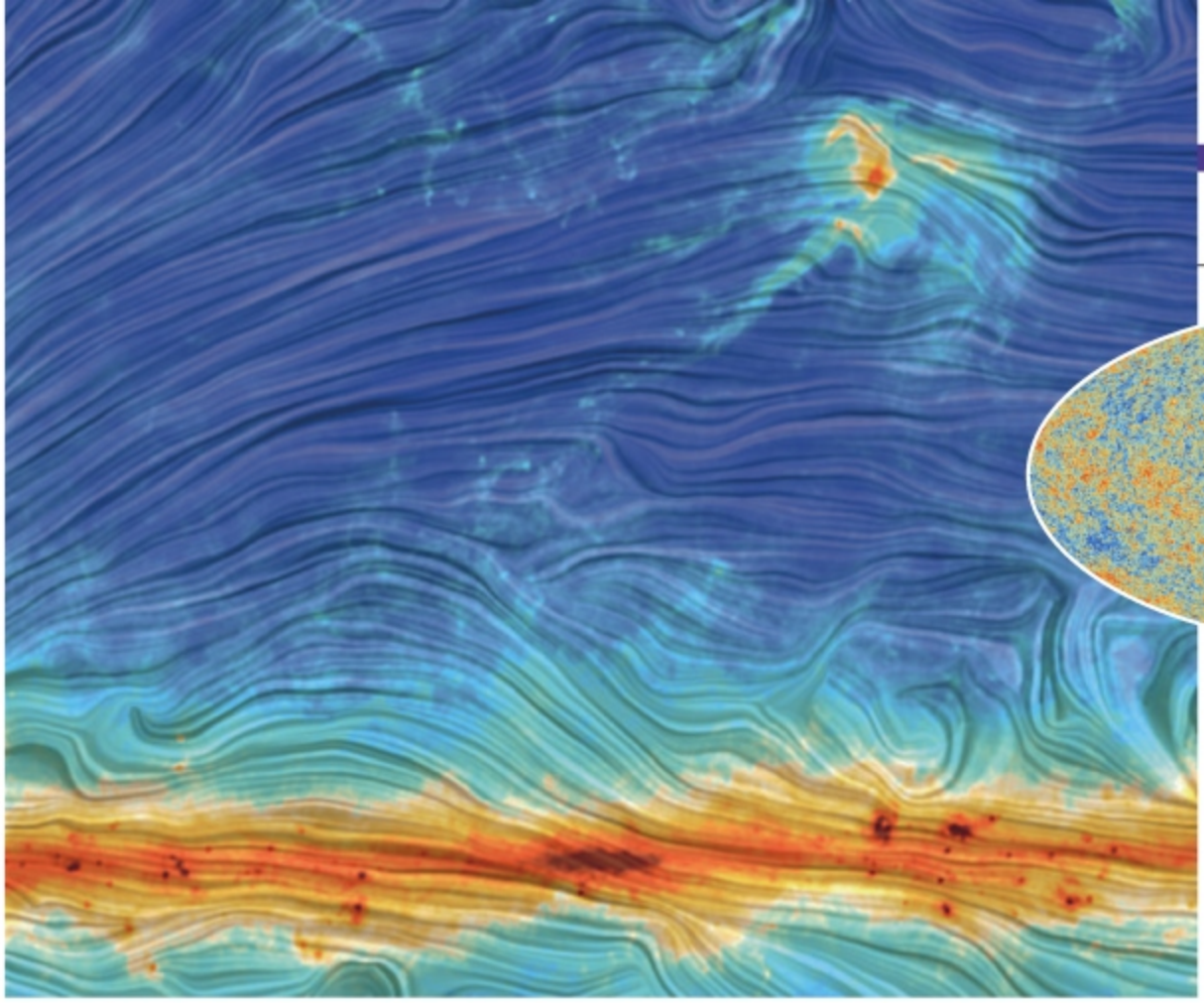
SANG TAN/AP/SIPA

Plus d'un million de néphiles dorées de Madagascar ont été nécessaires pour produire la soie qui a servi à tisser cette cape.

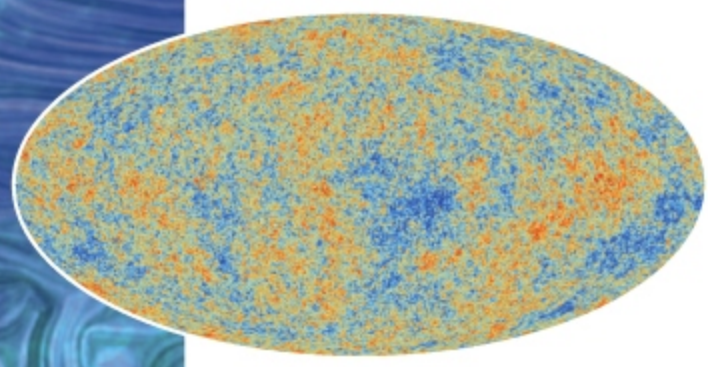
LE + NUMÉRIQUE
Retrouvez en vidéo les étapes de fabrication de la cape en soie d'araignée (en photo ci-dessous) sur **http://sciav.fr/815araignée**

Autre difficulté : si l'industrie parvenait à obtenir un jour la matière première adéquate, encore faudrait-il pouvoir imiter la manière dont l'araignée file sa soie à l'extrémité de son abdomen — un processus biologique complexe qui combine traitement chimique et mécanique et confère à la fibre ses propriétés. « *Pour reproduire ce procédé, la meilleure option est d'utiliser… le ver à soie, lui aussi capable de filer un produit directement sous forme de fibre* », affirme Bernard Mauchamp, l'un des premiers à avoir mis en œuvre cette méthode dès 2009.

Une conviction partagée par la société américaine Kraig Labs qui a tout misé sur cette approche. « *Les cocons de nos vers à soie transgéniques contiennent jusqu'à 10 % de protéine d'araignée et nous espérons aller bien plus loin. La fibre obtenue est déjà plus solide de 50 % que la soie classique et plus élastique de 25 %* », précise Malcolm Fraser, professeur à l'université américaine de Notre Dame. Ambitieuse, la start-up vient d'annoncer le doublement de sa capacité de production, avec environ un million d'insectes génétiquement modifiés capables de fabriquer chaque trimestre plus de 250 kilogrammes de fibre. Spiderman n'a qu'à bien se tenir. ■ **Audrey Boehly**



ESA - COLLABORATION PLANCK



▲ Le fonds diffus cosmologique en micro-ondes (ci-dessus), révélé par Planck, avec en détail (ci-contre) l'émission thermique des poussières. Les différentes couleurs correspondent à l'intensité de l'émission ; les reliefs dessinent le champ magnétique galactique.

Aux premières secondes de l'Univers

Le satellite européen Planck a identifié des neutrinos primordiaux, libérés aux tout premiers instants du cosmos.

LANCÉ PAR L'ESA, l'Agence spatiale européenne, le satellite Planck, qui avait fourni en 2013 une spectaculaire cartographie de l'Univers primordial (*lire* S. et A. *n° 794, avril 2013*), vient de livrer deux nouveaux résultats étonnants. Les chercheurs de cette mission phare — la seule à scruter la totalité de la voûte céleste dans le domaine des micro-ondes — ont tout d'abord réussi à identifier, dans les milliards de mesures, la trace de particules émises lorsque l'Univers était âgé... d'une seconde environ ! Ces messagers des tout premiers âges sont des neutrinos, ces particules très communes dotées d'une infime masse (chaque mètre carré de la surface terrestre en reçoit 700 000 milliards par seconde en provenance du Soleil). Mais ceux identifiés par Planck sont des neutrinos « primordiaux » tels qu'ils avaient été prédits par les modèles théoriques. Émis dans la prime enfance de l'Univers, ils devraient aujourd'hui, selon ces modèles, afficher une très basse température autour de 1,9 kelvin (soit -271,25 °C). Et interagir avec la première lumière du cosmos, le « rayonnement fossile » ou fond diffus cosmologique, dont la température est à 2,7 K (soit -270,425 °C), qui aurait été émise lorsque l'Univers était âgé de 380 000 ans.

Une piste se referme pour la matière noire

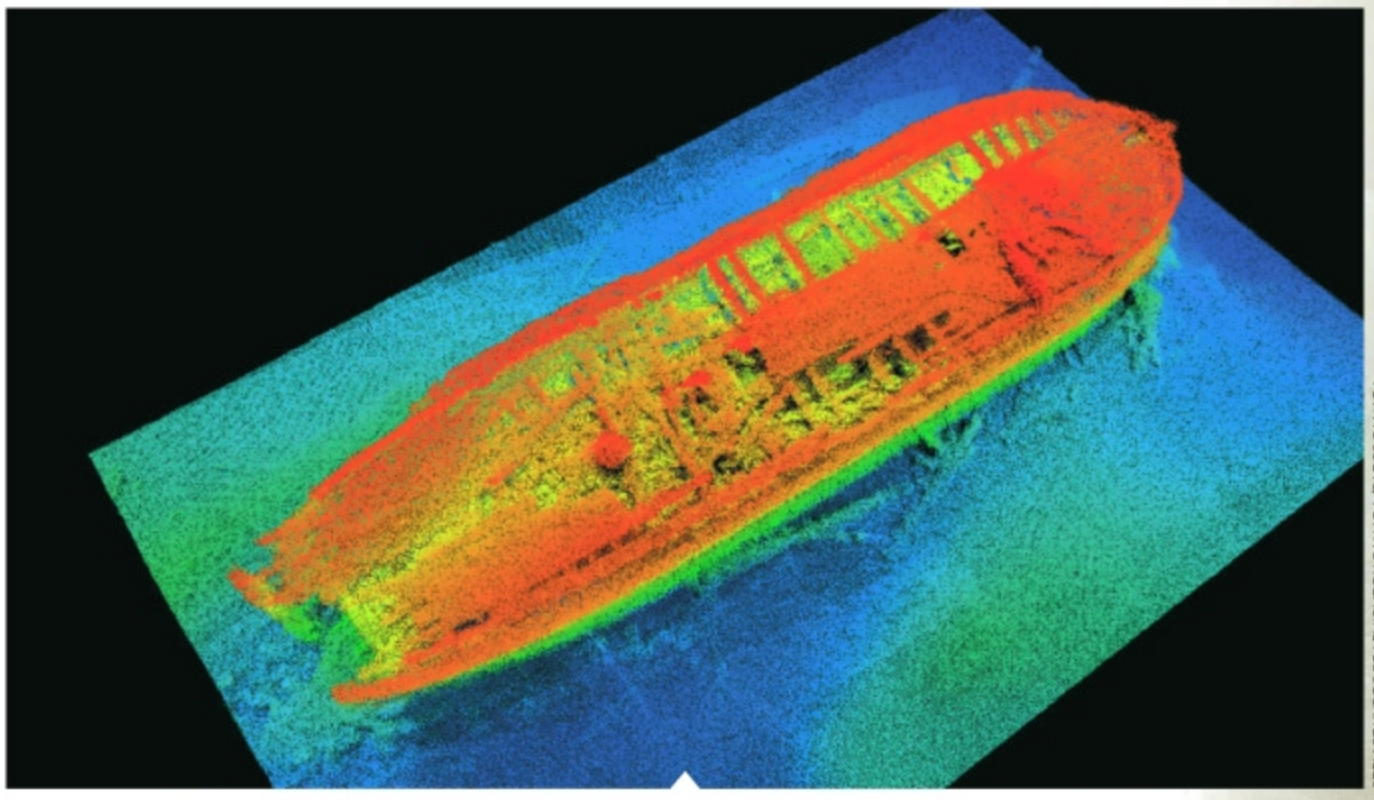
« Les premiers photons du fond diffus ont interagi gravitationnellement avec une particule capable de quitter ce milieu très dense et très chaud qui retenait les photons piégés. Toutes nos données indiquent qu'il s'agit bien des neutrinos primordiaux », explique Cécile Renault, du Laboratoire de physique subatomique et cosmologie. Autrement dit, c'est notre horizon cosmologique que Planck vient ainsi de repousser puisque ces neutrinos primordiaux nous viennent d'un cosmos d'une seconde d'âge seulement. L'autre grand résultat de Planck concerne la matière noire, cette masse invisible à l'existence de laquelle les astronomes font appel pour expliquer la répartition des étoiles et des galaxies, et qui agirait sur la matière visible par son attraction gravitationnelle. Depuis plus de cinquante ans, elle est activement recherchée. Sa nature étant inconnue, les scientifiques l'ont d'abord traquée sous la forme d'étoiles sombres, avant de l'assimiler un temps aux neutrinos au vu de leur abondance. Ils ont finalement opté pour des particules exotiques qui se désintégreraient en positons. Particules que la sonde AMS avait bien cru avoir détectées en 2012 (*lire* S. et A. *n° 794, avril 2013*). Las ! rien de tout cela. *« Les résultats de Planck indiquent qu'il n'y a aucunement besoin de faire appel à l'annihilation de particules exotiques pour expliquer les caractéristiques du rayonnement fossile »*, précise Cécile Renault. Une piste que les cosmologistes devraient donc écarter. Ces deux résultats constituent un avant-goût de ce que l'équipe chargée d'exploiter les résultats de Planck s'apprête à annoncer début 2015, après exploitation complète des données. ■ **Azar Khalatbari**

On a retrouvé l'expédition Franklin

Dans le Grand Nord canadien, l'épave d'un des deux navires de l'expédition britannique disparue en 1848 vient d'être découverte. L'énigme d'une des plus célèbres tragédies polaires est en passe d'être résolue.

Par Bernadette Arnaud

L'IMAGE A FAIT LE TOUR DU MONDE : une coque est posée au fond des eaux glacées de l'Arctique. « *La vision de ce navire me donne encore la chair de poule*, reconnaît, ému, Marc-André Bernier. *Nous avons réussi à mettre la main sur l'un des deux bateaux de l'expédition Franklin !* » Cent soixante-neuf ans après le mystérieux naufrage de l'*Erebus*, l'archéologue de l'agence gouvernementale Parcs Canada et son équipe viennent en effet de résoudre en partie l'énigme de l'une des plus grandes tragédies polaires qui tenait les spécialistes en haleine depuis plus d'un siècle. Partie de Grande-Bretagne en 1845 avec pour mission de trouver le passage du Nord-Ouest *(lire l'encadré p. 49)*, cette expédition, conduite par l'officier de la Royal Navy John Franklin, a disparu corps et biens. Seuls cinq hommes, sur les 134 que comptaient les équipages, ont réussi à échapper à l'étau de la banquise. Depuis le XIXe siècle, des dizaines de missions ont été conduites pour tenter de trouver trace des deux navires, le *HMS Erebus* et le *HMS Terror*. En vain. Jusqu'à ce jour de septembre où le premier a donc été localisé, au nord-ouest de la péninsule Adélaïde, dans le golfe de la Reine-Maud, au large de l'île O'Reilly... à 100 km au sud de sa dernière



SERVICE HYDROGRAPHIQUE DU CANADA/PARCS CANADA

Image multifaisceau et tridimensionnelle de l'épave de l'« Erebus ». Les couleurs varient en fonction de la profondeur à laquelle se situent les différents éléments du navire et du site.

position signalée en 1848 (*voir la carte p. 48*). Avec une nouvelle interrogation à la clé : pourquoi une telle dérive ?

Tout commence à l'été 2014. Les équipes de Parcs Canada entament alors rien de moins que leur... sixième campagne d'investigations pour retrouver la trace de l'expédition engloutie. Assistés de bateaux de la Garde côtière canadienne, de la Marine royale, de l'Arctic Research Foundation, de la Société géographique royale du Canada (SGRC) et du gouvernement du territoire du Nunavut, les archéologues-plongeurs se répartissent sur trois bâtiments, dont le *Sir Wilfrid Laurier*, un brise-glace de 83 mètres faisant office de centre de commandement, et le *Martin Bergmann*, un navire de recherche. Afin de profiter de l'étroite fenêtre d'eau libre laissée par les glaces de l'Arctique en cette saison, le choix est fait de ne pas se rendre sur la « zone nord », territoire correspondant à la position d'abandon connue des navires de l'expédition Franklin, mais de concentrer les recherches sur la « zone sud » délimitée d'après les témoignages d'Inuits recueillis au XIXe siècle et faisant état de la présence d'un navire (*voir la carte p. 48*). Sur place, un hélicoptère transporte régulièrement les cartographes chargés d'effectuer des relevés des fonds marins. Et c'est lors d'un de ces survols que le pilote repère un étrange objet au sol. Parvenus au lieu indiqué, les archéologues découvrent un élément métallique de bossoir, un dispositif de levage servant à hisser les chaloupes sur un navire. Un insigne de la marine britannique, patiné par le temps, y est toujours lisible. L'effervescence est à son comble. À bord du *Sir Wilfrid Laurier*, Ryan Harris — qui dirige l'ensemble de l'opération depuis 2008 — dépêche aussitôt sur zone le troisième navire de l'expédition, le très maniable *Investigator*, qui reprend le nom d'un bateau perdu en mer en 1853 après être parti à la recherche de l'expédition et dont Parcs Canada a retrouvé l'épave en ▸

THIERRY BOYER/PARCS CANADA

La cloche de l'« Erebus » a été retrouvée sur l'épave. Deux marquages y ont été identifiés : la date (1845) et un phéon (flèche) de la Royal Navy, signe de propriété du gouvernement de Sa Majesté.

NATIONAL MARITIME MUSEUM, GREENWICH/LEEMAGE

L'expédition Franklin du nom de son commandant, sir John Franklin, a été prise dans les glaces après être partie à la recherche du passage du Nord-Ouest, qui permet de relier l'Atlantique au Pacifique par l'océan Arctique.

BETTY LAFOND/APRÈS PARCS CANADA

Les deux principales zones (en orange) explorées depuis 2008 par les archéologues canadiens. En pointillés, le trajet probablement suivi par l' « Erebus », retrouvé à plus de 100 km de son point supposé d'abandon de 1848.

2010 au nord-est de l'île de Banks. Celui-ci, équipé d'un sonar latéral tracté — un système acoustique qui fournit une image en haute définition des fonds marins — commence aussitôt le quadrillage du secteur. Sur les écrans du *Sir Wilfrid Laurier*, les images défilent en temps réel.

Une plongée d'identification dans une eau à 1 °C

Soudain, un cliché fascinant apparaît : un navire littéralement posé debout, au fond de l'eau ! Les chercheurs explosent de joie. Ils comprennent tout de suite ce qu'ils ont sous les yeux : l'un des navires de l'expédition Franklin, dont ils connaissent les contours par cœur à force de les avoir traqués sous la glace. Après six années passées à s'user les yeux sur les écrans, Ryan Harris et Jonathan Moore, également archéologue à Parcs Canada, exultent enfin.

Pour s'assurer de l'authenticité de la découverte, une identification visuelle est décidée ; l'épave étant située à 11 mètres de profondeur à peine. Marc-André Bernier, qui dirige les plongées sous-marines de l'équipe, met à l'eau un rover sous-marin. Le robot téléguidé, muni d'une caméra vidéo, plonge sur l'épave pour en rapporter les premières prises de vues. Celles-ci laissent apparaître des débris de gréement et de superstructure éparpillés autour de la coque couverte de varech. De vieux canons en bronze confirment qu'il ne s'agit ni d'un baleinier ni d'un navire de la traite des fourrures. Mais s'agit-il du *Terror* ou de l'*Erebus* ? Même s'ils n'ont pas été construits à la même époque (1813 et 1826), ils se ressemblent comme deux gouttes d'eau, le premier mesurant 105 pieds (32 m), le second 108 (32,91 m). Quelques éléments les distinguent cependant : la position et la forme des écoutilles, ou celle du guindeau, le treuil utilisé pour relever l'ancre. « *Tout pointait vers l'*Erebus », se souvient Marc-André Bernier qui se retrouve à son tour sous l'eau glaciale (1 °C) pour une plongée d'identification. Conclusion : il s'agit bien de l'*Erebus*, comme le confirme le Service hydrographique du Canada après analyse du volume de la coque grâce à un sonar multifaisceau et, surtout, la découverte de la cloche du navire, remontée quelques jours plus tard. Stephen Harper, Premier ministre du Canada, est alors alerté et la nouvelle diffusée. Pour prévenir tout risque de pillage, la journée du 7 septembre est officiellement retenue comme — fausse — date de la découverte pour que la localisation de l'épave ne puisse être déduite de celles de la position des navires de recherche dont les données de géolocalisation peuvent être aisément retrouvées par satellite.

LE + NUMÉRIQUE
Retrouvez en vidéo la cloche de l'épave sous l'eau puis analysée en laboratoire sur **http://sciav.fr/815franklin**

Ce chronomètre de poche et ce coffre à pharmacie ont été retrouvés sur l'île du Roi-Guillaume en 1859.

PHOTOS : NATIONAL MARITIME MUSEUM, GREENWICH/LEEMAGE

Le navire aurait pu être piloté par quelques hommes

Une question, cruciale, reste à élucider : comment l'*Erebus* a-t-il pu se retrouver à plus de 100 km de son point d'abandon connu ?

Selon une première hypothèse, le bateau, prisonnier des glaces, a dérivé avec celles-ci jusqu'à se retrouver coincé dans le golfe de la Reine-Maud. « *Des travaux du glaciologue Tom Zagon ont en effet démontré qu'une fois le détroit d'Alexandra passé, les glaces se jettent dans la zone où nous avons effectivement retrouvé l'*Erebus », raconte Marc-André Bernier. Mais c'est une seconde hypothèse qui est désormais privilégiée. « *Nous avons toutes les raisons de croire que*

ÉNIGME

Une terrible épopée du Grand Nord qui passionne depuis plus d'un siècle

Les expéditions se sont multipliées pour tenter de retrouver les navires.

« *Plus tard on découvrit les corps de 30 individus sur le continent et cinq autres sur une île voisine. Quelques-uns étaient [...] sous un bateau renversé. D'après l'état de mutilation de la plupart et le contenu des bouilloires, il était évident que nos malheureux compatriotes avaient été réduits à la dernière extrémité, pour prolonger leur existence : le cannibalisme...* » Lorsque les lecteurs britanniques prennent connaissance de ces lignes dans le journal *The Times* en 1854, tous sont horrifiés. Comment l'expédition Franklin — du nom de son commandant John Franklin, 59 ans — partie affronter les glaces de l'Arctique en 1845 a-t-elle pu ainsi finir ? Les navires de la Royal Navy, *HMS Erebus* et *HMS Terror*, avaient quitté les bords de la Tamise le 19 mai 1845 pour découvrir, au nord du Canada, le « passage du Nord-Ouest », une nouvelle voie maritime permettant de relier directement l'océan Atlantique au Pacifique. Les bateaux, deux petits navires de guerre, avaient été réaménagés pour manœuvrer dans la banquise. Dans les soutes, ils emportaient aussi trois années de provisions : 60 tonnes de farine, 14 tonnes de viande de bœuf, 15 tonnes de viande en conserve, des citrons pour prévenir le scorbut... Comment, dès lors, expliquer un tel drame ? Lors du départ, personne ne doute du succès. Mais, les mois passant sans aucune nouvelle, 52 navires au moins vont se succéder pour tenter de retrouver l'expédition, entraînant à leur tour d'autres drames. En vain. Et ce n'est qu'en 1859 qu'un navire affrété par la veuve de Franklin découvre deux messages glissés dans des cairns (petit amas de pierres) sur l'île Beechey et celle du Roi-Guillaume. On y apprend que les deux bateaux ont été pris dans un étau de glace dans le détroit de Victoria où ils seraient restés bloqués pendant un an et demi ; Franklin et 23 membres de l'expédition seraient morts le 11 juin 1847 sans que les causes soient précisées. Enfin, le 22 avril 1848, le capitaine Crozier aurait donné ordre à 105 survivants de quitter les navires pour tenter de regagner à pied la terre ferme. Ce n'est cependant qu'en découvrant les premiers corps, conservés dans les glaces, que l'étendue de l'horreur éclate au grand jour... Depuis, des analyses effectuées notamment sur trois corps retrouvés sur l'île Beechey par des chercheurs canadiens en 1981, sous la direction de l'anthropologue Owen Beattie, de l'université de l'Alberta, ont montré qu'une intoxication au plomb pouvait être une des causes des décès. Celle-ci aurait pour origine les conserves embarquées, scellées avec du plomb qui serait entré en contact avec les aliments. L'enfer jusqu'au bout.

THE STAPLETON COLL./BRIDGEMAN IMAGES

Prisonniers des glaces, les marins auraient succombé au froid et à une intoxication au plomb.

Les survivants se sont livrés au cannibalisme

l'Erebus a pu arriver jusque-là piloté par un équipage réduit ! Pour une raison ou une autre, certains hommes auraient réussi à réembarquer sur le bateau après son abandon en 1848 », poursuit Marc-André Bernier. Des témoignages recueillis en 1878 et 1880 par l'expédition américaine de Frederick Schwatka évoquaient déjà un navire pris dans la glace avec, parfois, de la fumée sur le pont... Un Inuit rapportait même être monté à bord et avoir trouvé des boîtes de conserves et une cabine nettoyée... Des empreintes de pas de trois ou quatre individus partant clairement du navire en direction du continent avaient également été relevées. Le froid extrême (-50 C°) a-t-il fini par brouiller l'esprit de rares survivants qui ont alors choisi d'abandonner définitivement le navire ? D'autres témoignages vont dans ce sens : *« Quand les Inuits sont revenus sur place, un an après avoir aperçu le navire pour la première fois, seuls les mâts dépassaient encore de la glace...* »

Deux nouvelles expéditions programmées au printemps

Reste à retrouver le *HMS Terror*. Au printemps, deux nouvelles expéditions devraient être menées par la même équipe. L'une dans la zone nord, à l'ouest de l'île du Roi-Guillaume, où des Inuits avaient affirmé avoir vu un autre navire. La seconde de nouveau dans la zone sud, où vient d'être retrouvé l'*Erebus*. *« Nous allons plonger sur l'épave. L'ouverture des écoutilles devrait même nous permettre d'y pénétrer* », avance Marc-André Bernier. Des objets et documents, comme le journal de bord, pourraient-ils avoir été conservés ? Y trouvera-t-on des restes des marins ? Les eaux glacées de l'Arctique, très propices à la conservation, laissent la porte ouverte à tous les espoirs. ■

@NarudaaArnaud

Il a fallu sept ans pour authentifier la gravure en zigzag qui orne cette moule d'eau douce fossile découverte à Trinil, au centre de Java, en 1891.

« Homo erectus », premier graveur de l'humanité

Non, l'homme moderne n'avait pas l'apanage de la pensée symbolique. Une gravure sur un coquillage datant de -500 000 ans bouleverse la donne.

Le plus vieux dessin abstrait au monde a peut-être été gravé il y a 500 000 ans par un *Homo erectus* en Indonésie. Il y a trois mois à peine, les préhistoriens se déchiraient encore pour savoir si Neandertal pouvait, comme *Homo sapiens*, graver des motifs géométriques *(lire* S. et A. *n° 812 octobre 2014)*. La question semble aujourd'hui dépassée car la revue *Nature* suggère désormais que leur ancêtre commun, *Homo erectus* (qui aurait vécu entre 2 millions et 300 000 ans environ), était déjà capable d'un tel geste et donc d'une pensée symbolique ! Pensée que l'on croyait jusqu'à peu réservée aux hommes modernes.

Le coquillage orné d'un superbe zigzag *(voir photo)* dormait dans les tiroirs du muséum d'Histoire naturelle de Leyde (Pays-Bas) où sont conservées les collections d'Eugène Dubois, découvreur de l'homme de Java (alias *Pithecanthropus erectus* puis *Homo erectus*) en 1891. Jusqu'à ce que Stephen Munro, un étudiant australien en archéologie et spécialiste des mollusques, le regarde à la loupe et « *manque de tomber de sa chaise* ». La découverte paraît si improbable que l'examen minutieux de la pièce avec des techniques modernes a duré sept ans mobilisant une vingtaine de chercheurs. Comment être sûr que ce n'est pas un faux ?

Préhistoire de la gravure

Un site beaucoup plus récent que supposé

Tout d'abord, le coquillage conservait un peu des sédiments dans lesquels il avait été découvert, sur le site de Trinil à Java *(voir carte)*. Ces couches géologiques ont été datées d'entre -540 000 et -430 000 ans, à partir de la mesure de la luminescence de

WIM LUSTENHOUWER, VU UNIVERSITY

l'argon qu'elles contenaient. C'est un premier choc. « *La date ainsi établie pour les* Homo erectus *de Trinil est beaucoup plus récente que ce que l'on croyait (-900 000 ans)* », commente Jean-Jacques Hublin, paléoanthropologue du Collège de France. L'âge des occupants de ce site célèbre de l'île indonésienne se trouve ainsi considérablement rajeuni. En revanche, l'âge des premières gravures recule dans le temps, de 400 000 ans ! Jusqu'alors, les plus vieux motifs géométriques connus, découverts en Afrique du Sud, dans la grotte de Blombos, gravés sur un morceau d'ocre rouge, étaient datés de -100 000 ans et attribués à l'homme moderne, *Homo sapiens (voir l'infographie)*.

Des coquillages percés ont aussi été découverts

« *L'analyse au microscope montre ensuite que la gravure a été effectuée sur un coquillage "frais", avant qu'il ne soit enfoui puis érodé au contact de la terre* », explique Josephine Joordens, de la faculté d'archéologie de l'université de Leyde. Les auteurs de la découverte se gardent bien de spéculer sur une fonction symbolique ou religieuse... mais « *la gravure de motifs abstraits était du domaine cognitif et neuromoteur des* erectus *asiatiques* », selon le préhistorien Francesco d'Errico, du laboratoire Pacea, de l'université de Bordeaux-CNRS, coauteur de l'article, et découvreur des ocres de Blombos.

La fouille des tiroirs n'a pas permis de dénicher d'autres coquillages gravés... mais en revanche, percés. Probablement à l'aide d'une dent de requin. Et soigneusement, juste au point d'attache du muscle abducteur des moules d'eau douce, afin de faciliter leur ouverture. Preuve que *Homo erectus* — qui apprivoisait le feu et savait tailler des bifaces —pouvait *a minima* se montrer minutieux. ■

Rachel Mulot

L'Inde serait le berceau des chevaux

Des fossiles d'un ancêtre commun à ces ongulés ont été mis au jour dans ce pays. Ils datent d'une période où l'Inde était une île.

ELAINE KASNEL

Pesant une trentaine de kilos, *Cambaytherium thewissi* ressemblait à un tapir. Cet ongulé périssodactyle, comme les chevaux, les tapirs et les rhinocéros, vivait au tout début de l'éocène.

CAMBAYTHERIUM THEWISSI, un petit mammifère qui vivait il y a 54,5 millions d'années, vient bousculer l'histoire évolutive des chevaux, et, plus généralement, celle des périssodactyles, cet ordre d'ongulés possédant un nombre impair de doigts aux membres postérieurs, dont font également partie les rhinocéros. Leur origine serait bien en Asie comme certains chercheurs l'avaient proposé, et plus précisément en Inde.

C'est la découverte et l'étude de plus de 200 fossiles qui a conduit une équipe internationale menée par Kenneth Rose, de la Johns Hopkins University School of Medicine (États-Unis), à émettre cette hypothèse, publiée dans *Nature Communications*. Selon Kenneth Rose, *Cambaytherium* aurait un air de famille avec les équidés primitifs. « *Il présente des caractéristiques dentaires et osseuses qui le rapprochent à la fois des animaux à sabots primitifs et des périssodactyles.* » Une ressemblance telle que les chercheurs sont arrivés à la conclusion qu'il partagerait avec celui des chevaux, tapirs et rhinocéros actuels un ancêtre commun exclusif, originaire de l'Inde. *Cambaytherium* a en effet été mis au jour dans le gisement de Vastan, au nord-ouest de Bombay qui a aussi livré des fossiles d'un autre groupe de périssodactyles « endémique » du sous-continent, celui des *Anthracobunidae*.

Il y a 55 millions d'années, la péninsule indienne était une île détachée de Madagascar qui dérivait vers le continent asiatique. Comment cet ancêtre a-t-il posé le sabot sur cette île ? Kenneth Rose avance une explication : « *Des voies de communication terrestres avec l'Afro-Arabie auraient existé à ce moment-là.* » Poursuivant sa dérive vers le nord, le sous-continent indien aurait ensuite vu l'évolution des premiers périssodactyles, avant que la plaque indienne n'atteigne l'Asie.

Le scénario de l'origine indienne des périssodactyles a toutefois ses limites, commente Pierre-Olivier Antoine, professeur à l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier : « *Les gisements indiens livrent aussi d'autres mammifères terrestres (y compris des primates) qui, eux, ont des affinités asiatiques, européennes, ou laurasiatiques (Eurasie et Amérique du Nord).* » Autrement dit, l'Inde n'aurait pas été si isolée qu'il y paraît, et l'origine indienne des périssodactyles resterait à confirmer. ■

Laurent Brasier

TSUNAMI Série de vagues océaniques de grande longueur d'onde, déclenchée par des processus géologiques, principalement des séismes mais aussi par des effondrements de terrain ou des éruptions volcaniques sous-marines.

RAZ-DE-MARÉE Ancien terme regroupant les phénomènes faisant déborder la mer. Depuis 2004, il ne s'applique plus qu'à ceux provoqués par un phénomène météorologique, ouragans ou tempêtes, telle Xynthia en 2010.

VAGUE SCÉLÉRATE Vague très cambrée d'environ deux fois la hauteur des vagues environnantes et formée, sous l'effet du vent, par la rencontre de plusieurs vagues d'orientation différente.

Les tsunamis sous surveillance renforcée

Instruments de mesure, centres d'alerte, simulations numériques... Dix ans après le tsunami meurtrier en Asie du Sud-Est, les moyens donnés aux autorités pour prévenir la population sont bien plus performants.

Par Jacques-Olivier Baruch

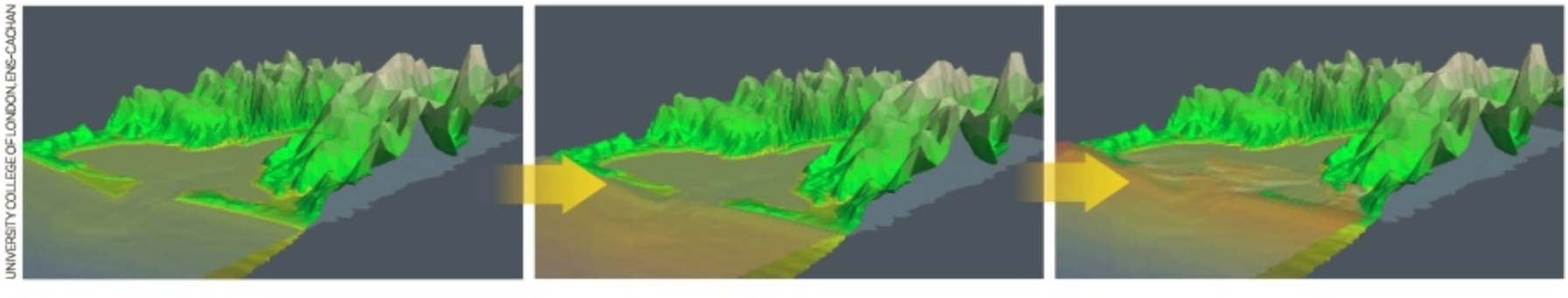
Vingt-six décembre 2004, 7 h 58 heure locale. Au large de la côte indonésienne, sous la poussée continue de la plaque tectonique indienne, 1200 kilomètres de la microplaque birmane se déplacent soudainement de 15 mètres et se hissent de 5 mètres. 1500 mètres d'eau se trouvent brusquement soulevés et filent de part et d'autre de l'épicentre à 750 kilomètres-heure en plusieurs vagues. À l'approche des côtes, elles sont freinées par les hauts fonds et leur amplitude augmente jusqu'à atteindre une dizaine de mètres de haut. Puis le tsunami (« vague de port » en japonais) heurte les côtes indonésiennes, avant de s'étendre dans tout l'océan Indien en moins de trois heures, parvenant jusqu'en Somalie, à 6000 kilomètres de là. Les populations présentes sur le littoral ne sont pas averties de l'arrivée de la terrible vague et encore moins préparées à y faire face. Résultat : 230 000 morts et 1,6 million de personnes déplacées.

Des nouveaux systèmes avec deux phases d'alerte

Dix ans plus tard, la situation a heureusement changé. La Commission océanographique intergouvernementale de l'Unesco a en effet supervisé, dès 2005, la mise en place de systèmes d'alerte dans l'océan Indien et en Europe occidentale (Méditerranée, Atlantique Nord-Est) à l'instar de ce qui existait déjà dans le Pacifique depuis 1949 : les Américains avaient en effet eu à déplorer 159 victimes à Hawaii emportées par une vague de 30 mètres trois ans plus tôt. Opérationnels depuis bientôt deux ans, ces systèmes comprennent deux phases d'alerte. *« La première est dite montante*, décrit François Schindelé, du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) et président du Groupe intergouvernemental de coordination des systèmes d'alerte en Méditerranée et en Atlantique Nord. *Elle consiste à détecter les séismes et à avertir en moins de quinze minutes les autorités des pays concernés du risque de tsunami. La "descendante" concerne les services de protection civile de chaque pays concerné qui doivent avertir les populations.* »

2004
100 marégraphes,
6 tsunamimètres
dans le Pacifique.

2014
228 marégraphes,
59 tsunamimètres
dans le Pacifique
(et 300 capteurs connectés par des câbles au large du Japon en 2015).

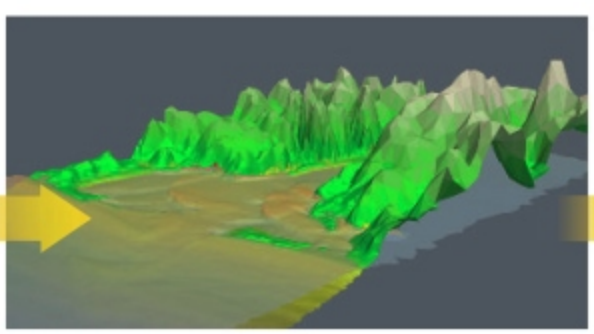


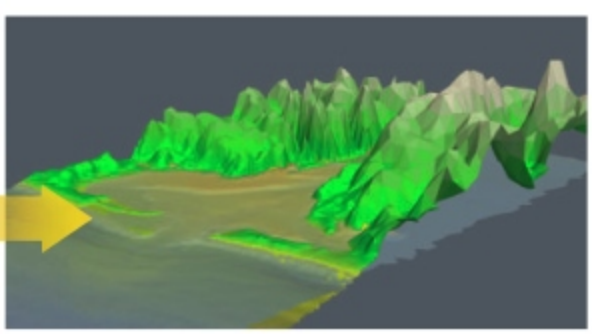
UNIVERSITY COLLEGE OF LONDON, ENS-CACHAN

DITA/ALANGARA/AP/SIPA

À Banda Aceh, au nord de l'île de Sumatra (Indonésie), le 29 décembre 2004, trois jours après le tsunami meurtrier. La ville s'est retrouvée sous 5 à 12 m d'eau.

Pour ce faire, les données des milliers de sismomètres répartis sur l'ensemble du globe enregistrent les moindres tressaillements de la Terre. À partir d'une magnitude de 6,5, l'alerte est donnée par le centre concerné en collaboration avec ceux de la région. Même si, à cet instant, les scientifiques ignorent encore quel mouvement géologique a occasionné ce séisme et s'il est susceptible de provoquer ou non un tsunami. Ce tsunami éventuel est alors suivi à la trace par les « tsunamimètres », des capteurs de pression de l'eau fixés dans les fonds, en pleine mer, et reliés aux centres d'alerte par des bouées de surface. Celles-ci envoient leurs données par satellite ou par câbles comme ceux qui seront installés en 2015 au large du Japon. À l'approche des côtes, le tsunami est également traqué par les marégraphes installés dans les ports qui mesurent la hauteur de l'eau par radar ou ultrasons et la transmettent en temps réel au centre d'alerte. Le nombre de ces instruments a fortement augmenté dans toutes les régions du monde depuis 2004. Il n'y avait ainsi que quatre marégraphes et aucun tsunamimètre avant 2004 dans tout l'océan Indien contre 102 maré- ▶





◀ Simulation de risque aux États-Unis. Un séisme important est attendu dans la zone de subduction des Cascades, au nord-ouest des États-Unis. Un tsunami pourrait dévaster la côte dans la baie d'Aberdeen (État de Washington). Les simulations réalisées par Serge Guillas, de l'University College de Londres, et Frédéric Dias, alors à l'ENS de Cachan, montrent que la topographie connue des fonds influe sur l'orientation et la puissance du tsunami quand il arrive sur la côte et y rebondit.

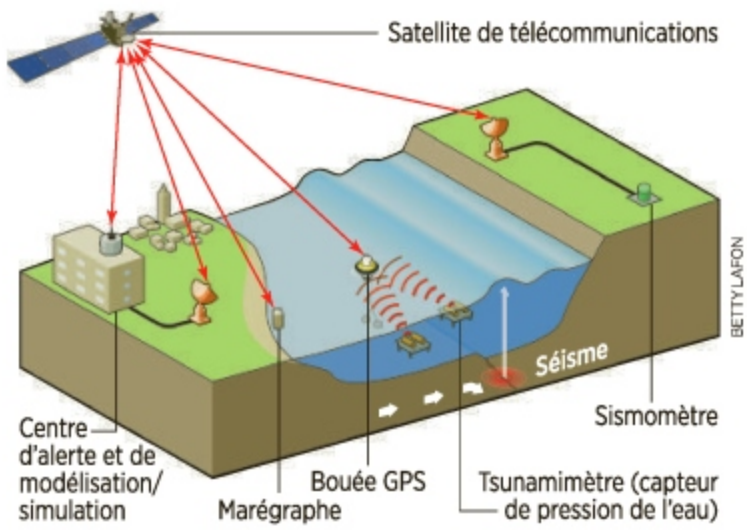
PRÉVENTION

Un risque bien réel sur les côtes françaises

35 marégraphes sont installés dans les ports de l'Hexagone contre 7 en 2004. Mais aucun tsunamimètre ne surveille le large.

Un tsunami sur les côtes françaises ? L'idée semble incongrue... et pourtant. La Méditerranée est le siège de 9 % des tsunamis du globe. Une vague de 2,5 à 3 mètres a ainsi tué 11 personnes en 1979 en déferlant entre Nice et Antibes à la suite d'un glissement de terrain. Côté Atlantique, le séisme de Lisbonne de 1755 s'accompagnait d'une vague de 20 mètres qui fut ressentie jusqu'en Irlande. En cause, le heurt des plaques africaine et eurasienne dont la séparation débute à la dorsale médio-atlantique. La frontière des deux plaques court jusqu'au sud du Portugal puis traverse toute la Méditerranée dont le système de failles est très complexe. En outre, sa surface réduite (2,5 millions de kilomètres carrés environ) a pour conséquence qu'un tsunami peut la traverser du sud au nord en moins d'une heure. Il faut donc réagir vite. Certes, la plupart des événements seront sans doute d'ampleur restreinte, mais réelle, avec des vagues de 50 centimètres à un mètre sur les côtes françaises. Ce qui occasionnera des dégâts dans les ports. Mais 10 % des tsunamis auront des conséquences plus dévastatrices. 35 marégraphes sont donc désormais installés dans les ports de l'Hexagone, contre 7 en 2004. Mais, faute de moyens, aucun tsunamimètre ne surveille le large. « *Leur achat, leur mise en place et leur entretien coûte plus de 500 000 €* », précise François Schindelé, président du Groupe intergouvernemental de coordination des systèmes d'alerte en Méditerranée et en Atlantique Nord. Un centre d'alerte métropolitain est aujourd'hui opérationnel 24 h sur 24 à Bruyères-le-Châtel (Essonne). Ce centre travaille avec les centres de Grèce et de Turquie et, à partir de 2015, avec l'Italie et le Portugal. Ils échangent des données sismiques avec la Tunisie et le Maroc. Seul point noir : l'Algérie qui, pour des questions politiques, ne communique pas ses données, alors que le pays tremble régulièrement. Outre-mer, les 10 marégraphes des Antilles et les 10 de la Polynésie sont reliés au centre d'alerte de Hawaii, alors que les 6 marégraphes des îles françaises de l'océan Indien sont gérés à Bruyères-le-Châtel. Un budget de 34 millions d'euros a été débloqué jusqu'à la fin de l'année (2015) pour mieux gérer l'alerte « descendante » et ainsi informer la population, équiper la Sécurité civile de porte-voix, améliorer le fonctionnement des sirènes, etc. Des exercices sont régulièrement organisés, dans lesquels la population est amenée à réagir à une fausse alerte comme si c'était une vraie. Comme ailleurs dans le monde depuis 2006. Les derniers se sont déroulés en septembre dans l'océan Indien, fin octobre en Méditerranée et en Atlantique, paraît-il avec succès. Mais en a-t-on vraiment entendu parler ?

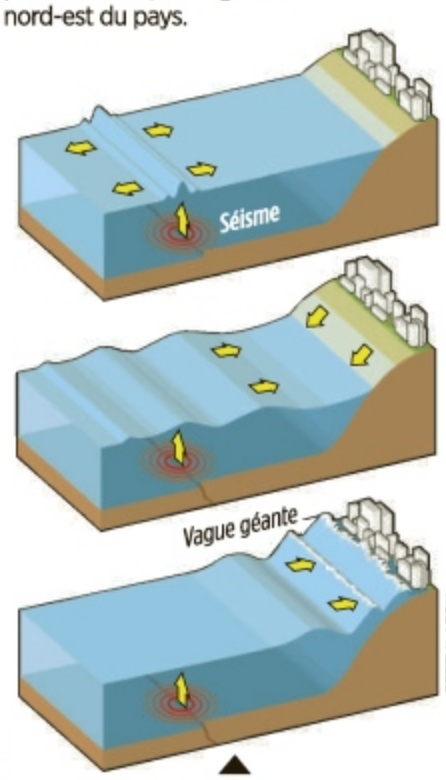
graphes et neuf tsunamimètres aujourd'hui en fonctionnement. Pour préciser le risque, les mathématiciens sont désormais mis à contribution. Et c'est là l'une des grandes évolutions de la dernière décennie. Objectif : mieux prévoir le déroulement des vagues et leur impact sur les côtes. « *Nous simulons l'événement sur ordinateur à partir des équations de la mécanique des fluides* », explique Serge Guillas, de l'University College de Londres. Problème : ces équations n'étant pas linéaires, leurs solutions ne sont pas exactes. « *Nous devons les simplifier. Par exemple, la profondeur de l'eau étant faible par rapport à la longueur d'onde de la vague, nous pouvons négliger ce paramètre* », poursuit le spécialiste. En outre, plus le modèle est précis, plus le temps de calcul sera long. Là encore, il faut simplifier le modèle... et donc rendre les résultats de la simulation plus incertains. Or, la topographie de la zone joue un rôle important. Ainsi, cette année, une simulation menée à l'École normale supérieure de Cachan, près de Paris, a montré qu'une île située sur le trajet d'un tsunami en amplifie l'onde : son amplitude augmente à l'approche des hauts fonds puis la vague repart, encore plus puissante, en la contournant. Les fonds sous-marins influent aussi. Cette topographie est actuellement fournie aux simulateurs par des mesures prises par satellite-radar et précisée par des sondeurs multifaisceaux installés sous la coque de navires océanographiques.



Les instruments de mesure. Les capteurs installés au fond de la mer ne mesurent des différences de pression qu'en cas d'onde longue comme le sont les tsunamis. Dans le système américain DART (Deep-Ocean Assessment and Reporting of Tsunamis), ils envoient leurs données en temps réel à des bouées qui les retransmettent aux centres d'alerte *via* les satellites Iridium. Ces informations sont complétées par celles recueillies sur les côtes (marégraphes et sismomètres).

NAINICHI SIMBUN, TOMOHIKO KANO/AP/SIPA

◀ **Le tsunami du 11 mars 2011** au Japon (ici déferlant sur la digue de la ville de Miyako) a été engendré par un séisme, au large des côtes nord-est du pays.



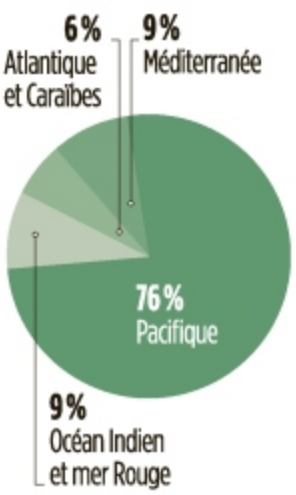
BETTY LAFON

▲ **Lorsqu'un séisme sous-marin** est créé par un mouvement vertical de la croûte terrestre, la colonne d'eau est soulevée et se répand à 750 km/h de part et d'autre en vagues de quelques centimètres d'amplitude. En arrivant près des côtes, leur amplitude monte à quelques dizaines de mètres.

Résultat : les mesures sont précises à la verticale du navire... mais quasi inexistantes ailleurs. En particulier tout près des côtes, car les bateaux évitent généralement ces zones pour ne pas risquer d'endommager le matériel. Pourtant, une étude espagnole parue en 2014 dans la revue *Marine Geology* montre que la présence de canyons sous-marins influe fortement sur l'orientation des vagues et sur leur temps d'arrivée sur la côte.

Des piliers sous-marins pour atténuer la force de la vague

Les mathématiciens testent donc leurs modèles en reproduisant les tsunamis passés à partir des archives. Les résultats sont ensuite stockés dans une base de données. « *Nous avons calculé 4450 simulations différentes uniquement pour l'arc de la Sonde qui comprend de nombreuses îles comme Java et Sumatra* », raconte Natalja Rakowsky, de l'Institut Alfred-Wegener de Bremerhaven (Allemagne), qui aide l'Indonésie à mettre en place son nouveau système d'alerte. Quand un séisme se produit, l'équipe consulte aussitôt sa base de données pour retrouver les simulations se rapprochant le plus de l'événement en cause afin d'avertir les autorités des risques potentiels. En privilégiant toujours le scénario du pire.



▲ **Les tsunamis dans le monde.** Si les trois quarts se produisent dans le Pacifique, ces phénomènes peuvent aussi toucher les côtes françaises.

Des projets sont en cours pour tenter d'amoindrir l'énergie du tsunami ou d'atténuer la puissance de ses effets. Ainsi, lors d'un colloque à Sendai (Japon) en 2012, Élisabeth Charlais, de l'université Joseph-Fourier de Grenoble, a évoqué l'installation près des côtes de piliers sous-marins comportant des alvéoles dans lesquelles l'eau serait forcée d'entrer, absorbant l'énergie de la vague. En octobre, lors d'un autre colloque à Chamonix, Serguey Fomin, de l'Institut de technologie de Californie, imaginait la construction d'immenses barrières en fond de mer. En passant au dessus, la vague du tsunami se diviserait en deux, l'une d'elles repartant vers le large, faisant ainsi perdre sa puissance à celle qui se dirige vers la côte. Certes, ce ne sont encore que des idées, non évaluées financièrement ni testées grandeur nature, mais elles ont droit de cité dans les milieux spécialisés. ■

La recherche au secours du cacao

Rendement insuffisant, maladies, réchauffement climatique… les plantations cacaoyères sont menacées. Une course à l'innovation est lancée dans le monde entier.

« LE CACAO EST UNE CULTURE ORPHELINE, *comme il existe des maladies orphelines* », admet Jean-Philippe Marelli, directeur scientifique du Mars Center for Cocoa Science (Brésil), l'un des centres de recherche fondé par Mars incorporated, producteur de barres chocolatées. *« Nous sommes toujours au Moyen Âge du cacao. Mais la bonne nouvelle, c'est qu'il y a d'énormes marges de progrès »*, renchérit Philippe Bastide, correspondant de la filière au Cirad (Centre international de recherche en agronomique pour le développement) qui travaille avec des producteurs de l'Amérique du Sud à l'Asie, en passant par l'Afrique de l'Ouest et centrale. Dès 2004, *Sciences et Avenir* avait mené l'enquête sur l'avenir des plantations, menacées par des maladies, et sur les avancées génétiques possibles (*lire* S. et A. *n° 683, janvier 2004*). Dix ans plus tard, la menace de pénurie est donc loin d'être écartée.

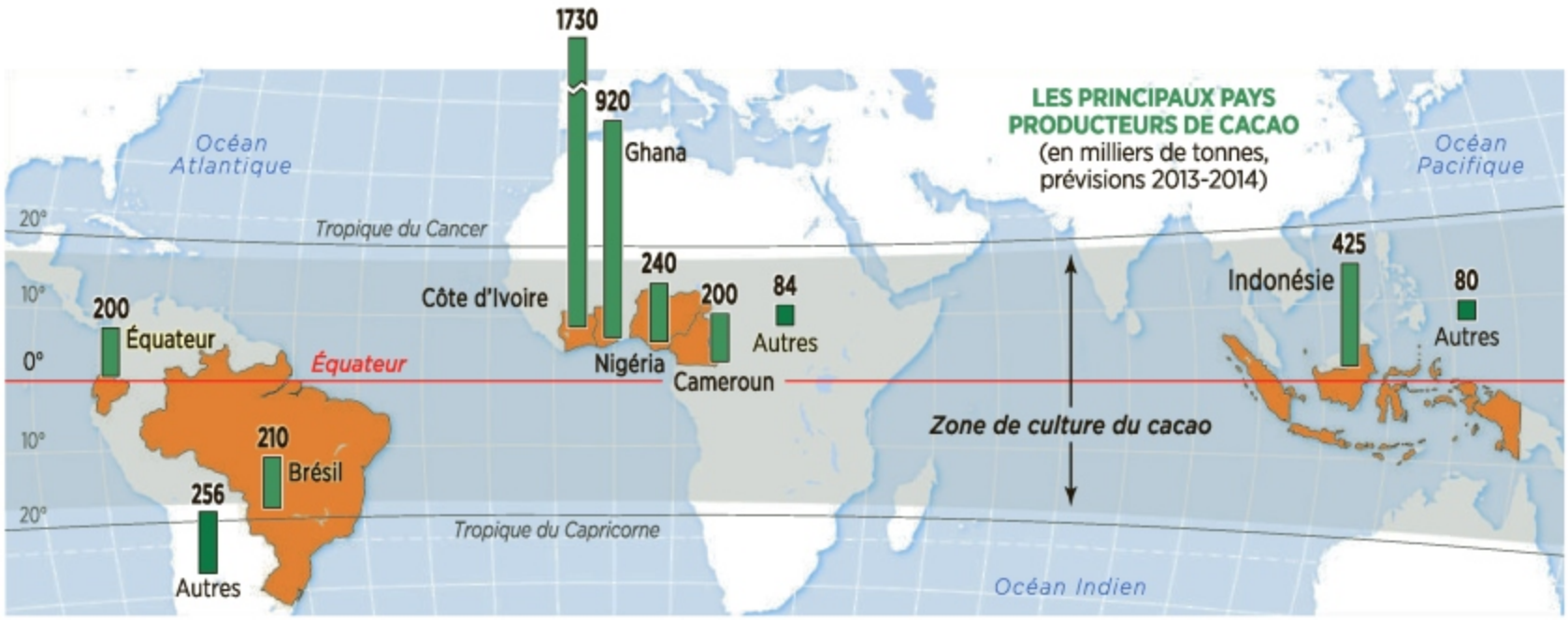
Alors que la demande augmente d'environ 2 % chaque année — les pays émergents se montrant de plus en plus gourmands —, la production de *Theobroma cacao* stagne : selon la société suisse Barry Callebaut, premier producteur mondial de chocolat de qualité supérieure, *« le déficit pourrait atteindre 1 million de tonnes d'ici à 2020 »*. Certes, la récolte de 2014 a été aussi excellente qu'inattendue (+ 10 %), mais ce n'est qu'un trompe-l'œil. *« En Afrique, premier continent producteur, la météo a été exceptionnellement favorable et les plantations créées dans les années 2000 — en partie aux dépens de forêts classées et de parcs naturels — donnent leur meilleur maintenant. Toutefois, leur rendement ne saurait être durable, car les réserves de leurs sols, sableux, sont fragiles »*, analyse l'économiste François Ruf, du Cirad.

Le changement climatique pourrait aggraver la menace

Le premier point noir est le trop faible rendement des cacaoyers. Les meilleures exploitations produisent autour de 3500 kg/ha/an (120 fruits/arbre/an), loin des 6000 kilos théoriquement possibles. Et les faibles revenus découragent les petits producteurs qui partout en Afrique, arrachent leurs cacaoyers au profit des hévéas et des palmiers à huile, plus lucratifs. Le vieillissement des plantations, l'appauvrissement et l'acidification des sols — à la suite de l'usage d'intrants par exemple — n'augurent rien de bon. Pas plus que les attaques d'insectes et les maladies, comme la pourriture brune et le virus Swollen shoot en Afrique ou la pourriture glaciale (moniliose) et le balai de sorcière en Amérique. Pis, le changement climatique pourrait aggraver la menace. Ainsi, en Côte d'Ivoire et au Ghana, les terres adaptées diminueraient de 40 à 70 % d'ici à 2050, selon une étude (2011) du Centre international d'agriculture tropicale (CIAT, Fondation Bill et Melinda Gates). Par ailleurs, *« un accroissement d'humidité pourrait*

20 %
des récoltes mondiales perdues à cause de maladies.
(CIRAD, 2011.)

40 à 70 %
des terres cacaoyères menacées par le changement climatique au Ghana et en Côte d'Ivoire.
(CENTRE INTERNATIONAL DE L'AGRICULTURE TROPICALE, 2012.)



BETTY LAFON - SOURCE : ICCO

Premier producteur mondial de cacao, la Côte d'Ivoire est confrontée, entre autres, au vieillissement des plantations.

favoriser les champignons », redoute Armando Martinez, du CIAT, qui mène également des études sur l'impact d'une hausse globale des températures sur les cultures au Cameroun, en Sierra Leone, au Liberia et en Asie.

En Afrique, une piste consiste à transformer des savanes en cacaoyères, associées à des cultures vivrières, comme le font déjà des agriculteurs au Cameroun. Objectif : créer de nouvelles surfaces, limiter la déforestation tout en participant au reboisement. Les premiers résultats sont prometteurs, mais cela suffira-t-il ? Aucune variété miracle n'est en effet venue bouleverser la production ces dix dernières années. Précédés de rumeurs flatteuses en Côte d'Ivoire, les cacaos hybrides « Mercedes », obtenus il y a deux ans à partir de semences par le Centre national de recherche agronomique (CNRA) d'Abidjan ne tiennent pas leurs promesses. Ils croissent plus vite… mais donnent en contrepartie peu de fruits, trop occupés à fabriquer leur tronc. « *Les semences connaissent en outre une forte mortalité* », ajoute François Ruf. Le CNRA peine par ailleurs à fournir en semences tous les producteurs ivoiriens. « *Il faut développer des centres et une politique de recherche en Afrique* », alerte Philippe Bastide. Les multinationales l'ont bien compris : en mai 2014 les 12 plus grands groupes du secteur ont forgé l'alliance CocoaAction pour professionnaliser les systèmes de production et améliorer les conditions de vie des planteurs africains. Car tous savent que la survie de leur industrie en dépend. Partout dans le monde,

KAMBOU SIA/AFP

les grands groupes ouvrent ainsi des champs écoles, des serres de plants, des centres de recherche pour soutenir, disent-ils, *« une filière cacao durable »*.

C'est en Amérique du Sud et centrale que les recherches sur les clones sont les plus avancées. Les cacaoyers y ont réduit leur tronc au profit de branches porteuses de fruits. Le Catie, Centre d'Agronomie tropicale de recherches et d'enseignement du Costa Rica, a mis au point différents clones résistant à la pourriture glaciale qui sévit dans la région. *« L'important, c'est de planter des mélanges de ces clones. Si la maladie du balai de sorcière a ravagé les cultures brésiliennes dans les années 1990, c'est parce qu'elles reposaient toutes sur le même cultivar »*, souligne Wilbert Phillips-Mora, directeur du programme d'amélioration génétique. L'avenir est à l'obtention de petits arbres plein de fruits, facilement accessibles à un contrôle sanitaire et moins gourmands en eau et en engrais. Mais il faudra au moins une décennie pour que ce modèle soit adopté par les planteurs africains.

Il faut aussi veiller à ce que les maladies ne se transmettent pas d'un continent à l'autre. *« Cette contamination semble inéluctable. Les gens qui visitent les plantations dans le monde entier peuvent transporter des maladies malgré eux... »*, redoute Mark Guiltinan, de la Penn State University (États-Unis). La pourriture glaciale s'est ainsi propagée dans toute l'Amérique du Sud, à l'exception du Brésil. Il serait catastrophique que l'Afrique, encore épargnée par ces fléaux, soit frappée à son tour. Car *« pour l'heure, la sélection génomique n'a pas permis la mise au point de variétés résistant justement aux champignons ravageurs ou aux virus »*, admet le généticien Xavier Argout, du Cirad. Mais les génomes de deux variétés de *Theobroma cacao* ont déjà pu être séquencés : Un « criollo », réputé l'un des meilleurs crus, par une équipe du Cirad appuyée par des dizaines de centres de recherche (2010) ; et un « amelonado », la variété la plus cultivée au monde, par des chercheurs de Mars associés à ceux de l'USDA, le ministère américain de l'Agriculture (2013). Mais il faudra attendre une décennie encore avant que ces travaux ne débouchent sur des applications. Plusieurs équipes internationales travaillent par ailleurs sur le séquençage des maladies elles-mêmes, et notamment du virus CSSVD (« swollen shoot »), qui lui, n'épargne pas l'Afrique.

FLORIAN KOPP/IMAGEBROKER/BIOSPHOTO

L'Amérique du Sud (ici en Bolivie) et centrale développe la plantation de clones de cacaoyers nécessitant moins d'eau et d'engrais.

95 % de la production sont issus de petits producteurs

En attendant, des solutions se dégagent sur le terrain. *« Un cacaoyer bien taillé peut produire trois à quatre fois plus »*, affirme Philippe Bastide. Selon les plantations, les arbres à cabosses peuvent en effet porter de 3 à... 200 fruits et le rendement varier de 80 kg/ha/an à 6000 kg/ha/an. Les écarts dépendent des modèles et des techniques de culture (irrigation, fertilisation, gestion des risques sanitaires), plutôt que du matériel végétal. *« L'agroforesterie, l'agronomie, la lutte biologique intégrée : c'est de là que viendra le plus gros des progrès »*, parie l'expert. 95 % de la production mondiale dépendent d'exploitations familiales de 2 hectares en moyenne, selon l'Organisation internationale du Cacao (Icco). *« Les petits producteurs connaissent leur métier,* rappelle François Ruf. *Ils sont parfois même en avance sur l'agro-industrie dont ils attendent plus de soutien, non sur la formation, mais sur les prix ! »* Leur garantir un revenu stable, acheter le cacao à un coût correct est la meilleure façon de maintenir en activité ces agriculteurs dont dépend notre précieuse gourmandise. ■ **Rachel Mulot**

SPL/COSMOS

PERCEPTION SENSORIELLE

Démultiplier l'arôme

Pour pallier la pénurie redoutée, les chocolatiers travaillent aussi à limiter la teneur en cacao de leur produit tout en préservant leur goût et à développer des cabosses aux fruits plus parfumés, aux saveurs plus intenses. Une partie de la recherche porte sur la préservation ou la démultiplication des arômes au cours des différentes étapes de la fabrication. L'usage de techniques nouvelles, mais aussi le retour à d'anciennes méthodes de fermentation seraient aujourd'hui les points forts des Français.

D.R

RASOIRS PHILIPS SERIES 9000

LA PERFECTION À CHAQUE PASSAGE

La technologie exclusive « Contour Detect » est d'une efficacité exceptionnelle sur tous les contours du visage. Le nouveau système V-Track de Philips guide les poils afin de leur donner une position de coupe optimale, pour un rasage de très près. En un seul bouton on peut choisir parmi les 3 modes de rasage : peau sensible, rasage normal ou rapide.
De plus, il est équipé d'une station « Smart Clean » qui recharge, nettoie, sèche et lubrifie votre rasoir afin de le garder comme neuf. Un petit bijou high-tech !
www.Philips.fr

THE SUB® BLACK EDITION

INTENSÉMENT NOIRE

Designée par Marc Newson, la pression à domicile haut de gamme change de look et opte pour un habillage noir, élégant et design.
Les courbes aérodynamiques chères à Marc Newson sont ainsi mises en valeur grâce à cette finition inédite qui rompt avec les codes habituels du design industriel.
Les Torps (recharges de 2 litres) comptent déjà 7 bières dont Heineken, Affligem, Desperados et Pelforth.
Des bières à se servir chez soi, avec une qualité pression parfaite, comme un véritable professionnel.
www.the-sub.com

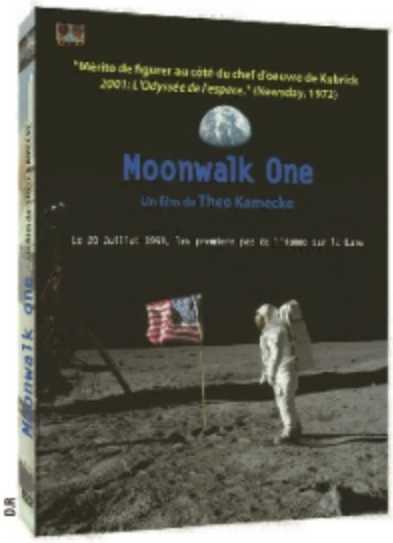
D.R

NOUVELLE FORD FOCUS

SO TECHNO

Grâce à des courbes complètement redessinées, ou son habitacle équipé des technologies les plus avancées, la Nouvelle Ford Focus surprend à tous les points de vue.
La Nouvelle Ford Focus propose un large éventail de nouvelles technologies de pointe remarquables. Commandes vocales et écran tactile 8 pouces du système Ford SYNC II, pour contrôler la navigation du véhicule de manière intuitive, de même que les systèmes média et la climatisation. Avec la nouvelle version de l'Active Park Assist, le stationnement est encore plus simple : faire un créneau ou se garer en bataille devient un jeu d'enfant.
Une gamme de moteurs essence et diesel très performants garantit un équilibre parfait entre puissance et économie de carburant. La boîte de vitesse avancée Powershift et les palettes de changement de vitesse maximisent les performances et l'efficacité lors du passage des rapports, pour un agrément de conduite optimal.
www.ford.fr

D.R



D.R

MOONWALK ONE

UNE AVENTURE HUMAINE INCROYABLE

Réalisé en 1969, Moonwalk One capte la première tentative de l'Homme de marcher sur la Lune lors de la mission Apollo 11. Mêlant séquences d'archives et moments captés dans le vif de l'action, Theo Kamecke donne à voir cet événement tel qu'il a été vécu à l'époque : une aventure humaine incroyable, une épopée scientifique hallucinante, un bond dans le futur au sein d'un présent chaotique, mais aussi une avancée vers l'inconnu, avec ce qu'elle offre de possibilités de changement, et de responsabilités.
Disponible en DVD avec en bonus un livret couleurs de 20 pages.
www.eddistribution.com

D.R

TERRE – LE CHOC DES CONTINENTS

L'HISTOIRE DES CONTINENTS

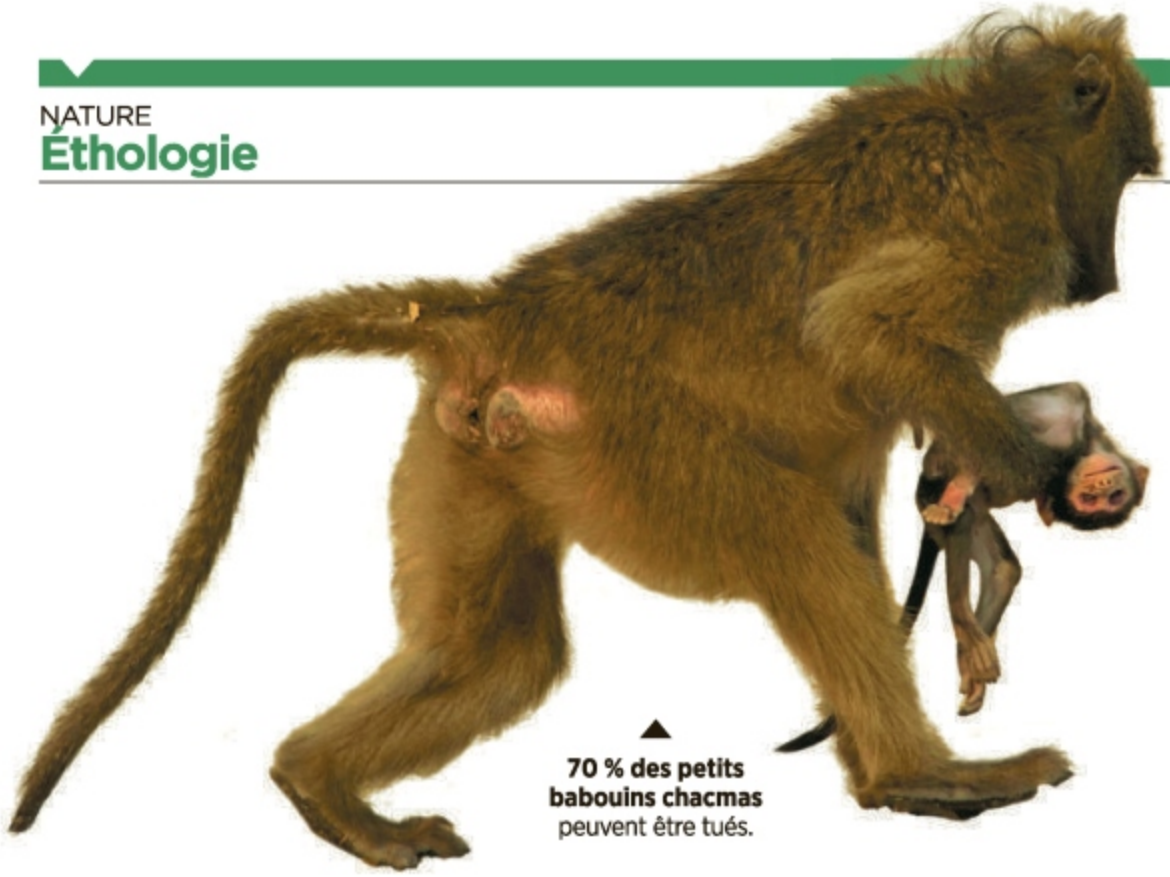
A l'aide d'images éblouissantes tournées en Haute-Définition, les spécialistes de la Terre nous éclairent sur la formation des continents il y a 250 millions d'années. La nouvelle grande série documentaire produite par BBC et diffusée sur FRANCE 5.
Disponible en coffret 2 DVD ou en Blu-ray chez KOBA FILMS. www.kobafilms.fr

ACTIVOX®

COMPRIMÉ À SUCER

Ce comprimé à l'arôme citron, nouveauté 2014 des Laboratoires Arkopharma, est un Dispositif médical spécialement formulé pour protéger la muqueuse de la gorge. A base d'extraits de Guimauve – plante adoucissante par excellence - et de Hyaluronate de sodium, ce comprimé crée un film hydrogel à « effet barrière » diminuant les irritations et inflammations de la gorge et soulageant la toux sèche. Réservé à l'adulte et à l'enfant de plus de 6 ans. Sans sucre, sans alcool, sans colorants. De 3 à 6 comprimés selon l'âge (voir notice). Dispositif à prendre à distance (1 heure) de toute médication et des repas.
Disponible en pharmacie.

D.R



LOU COETZER/NATURE PL/EB PHOTO

70 % des petits babouins chacmas peuvent être tués.

Infanticides en série chez les mammifères

Une étude de grande ampleur détaille ce comportement très répandu des mâles pour assurer leur descendance.

L'INFANTICIDE CHEZ LES MAMMIFÈRES est largement répandu. C'est ce que révèle une étude parue dans *Science* le 14 novembre, qui dresse de façon dérangeante un panorama sans précédent de ce phénomène. La fréquence de ce comportement perturbe les éthologues depuis les années 1970 avec les premières études rapportant ces faits lors de patientes observations dans le milieu naturel. Certains chercheurs ont émis l'hypothèse que les espèces concernées étaient stressées par la destruction de leur habitat naturel et la proximité avec l'homme. Les premiers cas ont en effet été constatés chez des singes langurs vivant dans les villes de l'Inde. D'autres ont évoqué une stratégie sexuelle permettant à l'animal tueur d'augmenter ses chances de reproduction.
Pour tenter de mettre fin au débat, l'auteur de l'article, Élise Huchard (Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive, CNRS Montpellier), a passé au crible trente ans d'études sur le comportement de pas moins de 260 espèces de mammifères. Le constat est accablant : chez 119 d'entre elles, on voit des mâles tuer les petits des autres — aucun meurtre de ses propres petits n'ayant jamais été constaté chez les mammifères (à l'exception notable de l'homme). Principales espèces concernées : les primates, les grands carnivores et les rongeurs. *« L'infanticide intervient majoritairement chez des espèces vivant en groupe, pouvant se reproduire tout au long de l'année et fonctionnant sur la dominance fragile d'un mâle »*, résume Élise Huchard. Sortant vainqueur des combats contre ses rivaux, le nouveau dominant s'empresse de tuer les petits du rival vaincu pour stopper la lactation de la mère et la rendre à nouveau disponible pour la reproduction.
Au cours de l'évolution, les femelles auraient pu s'assurer la protection d'un seul mâle et donc choisir la monogamie, ou bien s'organiser en groupes de défense des petits. La nature a retenu une autre option, qu'il s'agisse d'une femelle souris ou d'une hippopotame. *« Elles multiplient les partenaires ce qui fait que les mâles, dans le doute, s'abstiennent de tuer un petit qui pourrait être le leur »*, poursuit Élise Huchard.

ALAMA/PHOTO12.COM

Les lions mâles qui s'emparent d'un groupe de femelles tuent les petits du groupe pour rendre leurs mères de nouveau fertiles.

LE BABOUIN CHACMA DE L'OKAVANGO

Très étudiés car faciles à observer dans la savane de l'Afrique australe, les babouins chacmas de l'Okavango (Botswana) vivent en groupes dominés par un mâle qui doit souvent remettre son titre en jeu. Le vainqueur peut être battu quelques jours ou quelques semaines plus tard, aussi doit-il s'accoupler au plus vite. Et donc tuer les petits qui ne sont pas les siens pour rendre leurs mères de nouveau fécondes. Résultat : jusqu'à 70 % des petits peuvent ainsi être éliminés. En revanche, les survivants sont pris en charge par leur géniteur qui s'investit dans la protection de sa descendance. Les pères reconnaissent leur progéniture à l'odeur, au cri, à la forme du visage. Mais il arrive qu'ils se trompent...

► LE LION
Chez ce félin, les mâles sont itinérants tandis que les femelles vivent en groupes sédentaires. Les prises en force de ces groupes se font lors d'affrontements entre fratries de deux à trois lions. Si les assaillants l'emportent, les petits sont tués et les frères se partagent le harem, non sans quelques tensions.

► L'OURS BRUN
Ce plantigrade vit en solitaire sur de vastes étendues qui recoupent le territoire de femelles lui appartenant et qu'il ne rencontre que pour la copulation. Souvent absent de ce territoire, il ne lui est donc pas toujours possible d'en défendre l'accès, laissant une chance à d'éventuels rivaux. L'infanticide intervient quand le mâle se rend compte de son infortune par plusieurs indices : la persistance de l'odeur du concurrent, l'évaluation de la période de chaleur de la femelle et le physique de l'ourson. Car un ours est capable de déterminer si un petit est de lui ou pas en détectant des différences faciales et corporelles, comme la couleur du pelage.

► L'EXCEPTION : LE BONOBO
Gorilles, babouins, chimpanzés : tous les grands singes pratiquent l'infanticide... sauf le bonobo. Cette espèce serait même la preuve du succès de la stratégie de multiplication des partenaires. La femelle bonobo compte en effet beaucoup plus de partenaires sexuels que l'espèce voisine des chimpanzés, rendant totalement inutile l'infanticide. La compétition ne se passe plus entre mâles mais entre spermatozoïdes de chaque individu, ce qui a amené à l'augmentation de la grosseur des testicules. Alors que le chimpanzé pèse en moyenne 45 kg contre 40 kg pour un bonobo, celui-ci a des bourses 15 % plus grosses. ■

Loïc Chauveau

Le premier amant laisse sa marque

Des caractères du premier partenaire sexuel ont été transmis aux descendants d'une mouche femelle nés d'autres pères.

RUSSEL BONDURIANSKY

Chez la mouche australienne *Telostylinus angusticollis*, la taille des petits est déterminée par celle du premier partenaire sexuel de la mère et non par celle du père biologique.

CERTAINES CARACTÉRISTIQUES d'un ancien partenaire sexuel peuvent être transmises à la génération suivante ! Cette théorie, appelée télégonie, abandonnée au début du XX^e siècle vient d'être relancée par Angela Crean, de l'université de Nouvelle-Galles du Sud (Australie). Du moins chez la mouche *Telostylinus angusticollis*. L'équipe australienne a tout d'abord produit des mâles de petite ou grande taille en nourrissant des larves avec des régimes spécifiques. Ces mâles ont ensuite été accouplés une première fois à des femelles immatures, c'est-à-dire ne produisant pas encore d'ovules. Une fois matures, les femelles ont été fécondées par un mâle de taille différente. L'équipe a ainsi établi que la taille des petits était déterminée par celle du premier mâle avec lequel la mère s'était accouplée, et non par celle du père !

« On peut parler d'héritage "environnemental" estime Christophe Antoniewski, généticien au CNRS. *On est dans l'épigénétique, l'influence de l'environnement cellulaire ou physiologique sur l'expression des gènes. » « La première hypothèse qui pourrait expliquer ce résultat est l'influence du liquide séminal du premier amant sur la mère »*, avance Angela Crean. Dans le fluide séminal, le mâle apporte des molécules dont la concentration et la composition dépendent de son environnement et de sa forme physique. Ce fluide pourrait imprégner les ovaires, les ovules immatures ou les tissus de l'appareil reproductif de la mère.
Ce phénomène est-il propre à la mouche ? *« Il n'existe aujourd'hui aucune preuve de la télégonie chez les mammifères, mais le potentiel de télégonie existe en théorie chez tout animal avec une fécondation interne. »* ■

Marion Vagner

MICROBIOTE OU FLORE INTESTINALE Il s'agit de l'ensemble des micro-organismes (bactéries, archées, champignons, virus) vivant dans l'intestin. Plus de 1000 espèces de bactéries sont présentes chez l'homme et plus de 160 par individu.

BACTÉRIES Organismes microscopiques unicellulaires dépourvus de noyau. Elles peuvent favoriser le bon fonctionnement de l'organisme ou au contraire perturber celui-ci.

PROBIOTIQUE Bactérie ou levure ayant des propriétés bénéfiques pour l'organisme qui peut être ajoutée vivante à l'alimentation.

La flore intestinale influe sur notre appétit

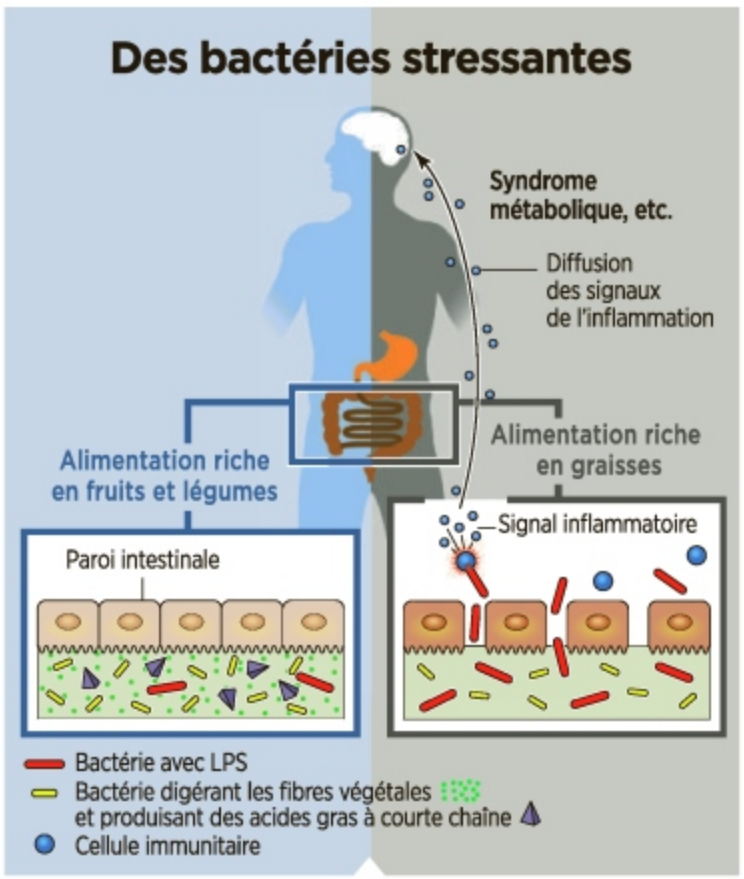
Les bactéries présentes dans les intestins ont une action beaucoup plus importante que de simplement faciliter la digestion. Et si notre flore intestinale était responsable de troubles alimentaires comme l'anorexie et la boulimie ? Explications.

Par Pierre Kaldy

LONGTEMPS, L'ANOREXIE MENTALE ET LA BOULIMIE, ces deux dérèglements du comportement alimentaire, ont été considérées comme des symptômes d'un déséquilibre d'ordre psychologique. Mais la découverte faite par Serguei Fetissov et ses collègues de l'unité « Nutrition, inflammation et dysfonction de l'axe intestin-cerveau » de l'Inserm, à Rouen, pourrait bien bouleverser la donne. Les chercheurs ont en effet trouvé que, sous l'effet du stress, certaines bactéries *(voir lexique ci-dessus)* présentes dans notre système digestif pourraient modifier leur comportement et, de fait, influer... sur le nôtre.

L'ensemble de ces bactéries, au nombre de 100 000 milliards, forme ce que l'on appelle le microbiote intestinal *(voir lexique)*. Réunies, elles pèsent autour de 1,5 kg et sont dix fois plus nombreuses que toutes les cellules de notre corps. Sous l'influence d'un stress, certaines produisent une protéine (ClpB) qui a une particularité étonnante que les chercheurs ont détaillée dans leur étude parue dans la revue *PLOS ONE* : elle mime l'hormone de la satiété, la mélanotropine. Autrement dit, elles pourraient envoyer au cerveau un message chimique régulant l'appétit. C'est du moins ce que laissent penser des travaux de l'Inserm sur une soixantaine de personnes souffrant de troubles alimentaires. Toutes possèdent, en effet, davantage d'anticorps reconnaissant à la fois l'hormone et la protéine bactérienne. Des expériences concordantes ont également été menées sur des souris. Exposées à des bactéries produisant la ClpB, ces animaux perdent rapidement du poids avant de réduire leur alimentation.

De là à émettre des hypothèses sur les origines biologiques de l'anorexie, il n'y a qu'un pas qu'est prêt à franchir Serguei Fetissov :



Obésité et diabète de type II pourraient découler de l'inflammation provoquée par le passage de certaines bactéries avec LPS à travers la paroi intestinale quand celle-ci est rendue moins étanche par une alimentation déséquilibrée.

ROGER HARRIS/SPL/PHANIE - STEPHANIE SHULLER/SPL/PHANIE

Anorexie, obésité, la faute à nos bactéries ?
100 000 milliards sont présentes dans l'intestin humain dont certaines produiraient des protéines impliquées dans le mécanisme de la satiété.

« Il y a dix ans, personne ne voulait entendre que le microbiote influe sur le comportement. Aujourd'hui, nous pouvons reconstituer un scénario pour l'origine microbienne des troubles alimentaires. » Le scénario serait le suivant : sous l'effet d'un stress psychologique (dû à une situation familiale difficile, par exemple), des bactéries du microbiote produiraient davantage de ClpB qui, en passant dans le sang, ferait chuter l'appétit.

Des antibiotiques contre les bactéries pathogènes

Ce nouveau stress perturberait en retour la muqueuse intestinale, qui deviendrait plus perméable aux bactéries. Le système immunitaire, stimulé par ce dérèglement, produirait des anticorps contre la ClpB qui affecteraient à leur tour durablement le comportement alimentaire. Une découverte qui ouvre, bien sûr, des pistes thérapeutiques. *« Nous pouvons envisager un nouveau type de traitement pour les troubles du comportement alimentaire*, confirme Serguei Fetissov. *Le patient pourrait être traité par antibiotiques afin d'éliminer en partie les bactéries pathogènes, puis il recevrait des bactéries bénéfiques, appelées probiotiques, pour protéger et consolider sa muqueuse intestinale.* » Des tests devront bien sûr être menés pour vérifier ces hypothèses et spécifier la durée de ce traitement éventuel.

L'influence d'un autre composé bactérien, le lipopolysaccharide (LPS), est également progressivement mise au jour par les chercheurs et serait largement impliquée dans des pathologies comme l'obésité et le diabète de type II. *« Le LPS, issu des bactéries dites à Gram négatif, est une molécule très inflammatoire*, précise Nathalie Castanon de l'unité de psycho-neuro-immunologie et nutrition de l'Inra, à Bordeaux. *Nous venons de montrer que son*

NEUROLOGIE

Le microbiote jouerait aussi un rôle dans l'autisme

AMELIE BENOIST/BSIP

Certains troubles autistiques seraient dus en partie à une substance bactérienne.

Le système nerveux pourrait, lui aussi, être directement influencé par notre microbiote. L'effet positif d'un probiotique sur le fonctionnement neurologique a en effet été récemment montré par l'équipe d'Elaine Hsiao à l'Institut de technologie de Californie. Les chercheurs ont amélioré plusieurs symptômes de l'autisme chez la souris en lui administrant une bactérie humaine, *Bacteroides fragilis*, connue pour favoriser la cohésion de la paroi du côlon. Un régime d'une semaine de ce probiotique après le sevrage des souris a corrigé plusieurs troubles psychomoteurs, l'anxiété et l'absence de communication. Les chercheurs ont ainsi déterminé que ces troubles pouvaient être dus à une substance bactérienne diffusant dans le sang. Une molécule analogue a d'ailleurs été retrouvée chez les personnes autistes, dont le système digestif est souvent perturbé et appauvri en bactéries productrices d'acides gras à courte chaîne. Par ailleurs, la consommation pendant deux mois d'un autre probiotique, *Lactobacillus casei*, a sensiblement réduit l'anxiété chez des patients atteints du syndrome de fatigue chronique dans une étude réalisée en 2009 par des chercheurs de Toronto, au Canada.

passage dans le sang lors d'une alimentation de type occidental, riche en graisses saturées, induit la production de substances qui affectent le fonctionnement du cerveau chez la souris. Ce mécanisme pourrait expliquer les troubles anxieux et dépressifs qui accompagnent souvent l'obésité due à la "malbouffe". » L'organisme serait ainsi « intoxiqué » par des substances produites par le microbiote suite à l'altération de la perméabilité du côlon due à une alimentation déséquilibrée ou au stress *(voir l'infographie p. 62)*. Le besoin de calmer cette anxiété par la nourriture ou la boisson ne ferait que renforcer cet « effet boule de neige ». *« On pensait que l'on était déprimé en raison de son obésité, mais l'inverse est probablement aussi vrai,* ajoute Nathalie Castanon. *Et agir grâce à des probiotiques pourrait offrir une nouvelle possibilité de casser ce cercle vicieux.* »

Un rôle plus direct des bactéries intestinales dans l'obésité était déjà apparu dès 2006 quand des chercheurs américains de l'université Washington de Saint Louis (Missouri) ont montré que le transfert du microbiote de souris obèses à d'autres souris sans microbiote suffisait à les faire grossir anormalement. En 2013, une équipe franco-américaine est parvenue à montrer que c'était également le cas en utilisant des bactéries propres au système digestif humain. Ainsi, en ajoutant des éléments du microbiote de personnes minces chez les souris, les chercheurs les ont protégées de l'obésité.

Faible diversité bactérienne et syndrome métabolique

La recherche sur le génome du microbiote intestinal des personnes obèses effectuée avec le projet européen MetaHIT (Metagenomics of the Human Intestinal Tract) a révélé qu'une faible diversité bactérienne caractérise les personnes à risque de contracter un syndrome métabolique, ensemble de troubles glycémiques, lipidiques ou vasculaires liés à l'obésité et qui peut notamment conduire à un diabète de type II. Enfin, une étude coordonnée par Karine Clément, de l'Institut de cardiométabolisme et de nutrition (Ican) et de l'université Pierre-et-Marie-Curie à Paris, vient de montrer que plus le régime alimentaire est riche en pommes de terre, sucreries et boissons sucrées de synthèse, plus les personnes en surpoids présentent des marqueurs d'inflammation métabolique et un microbiote appauvri.

Peu diversifié, le système intestinal des personnes obèses ou souffrant d'un diabète de type II semble aussi manquer singulièrement de certaines bactéries bénéfiques. Une famille d'entre elles, les *Christensenellaceae*, est capable, à elle seule, de corriger la transmission de l'obésité chez la souris lorsqu'elle est ajoutée au microbiote. Cela a été révélé dans une vaste étude menée par des chercheurs américains de l'univer-

STEPHANIE SHULLER/SPL/PHANIE

La bactérie « Escherichia coli » (ici en vert sur des villosités intestinales) porte du LPS, molécule qui jouerait un rôle dans les troubles psychiques liés à l'obésité.

sité Cornell (Ithaca, État de New York), publiée cette année, qui a comparé plus de 400 jumeaux obèses ou non. Une autre bactérie, *Akkermansia muciniphila*, rare chez les souris obèses, avait déjà été associée à une amélioration du métabolisme et à une réduction de l'inflammation par l'équipe de Patrice Cani à l'Université catholique de Louvain (Belgique), en 2013. Et ce pouvoir thérapeutique de certaines bactéries avait aussi été suggéré dès 2012 par la première transplantation de matière fécale d'un volontaire mince à des patients atteints d'un syndrome métabolique. L'expérience, réalisée par l'équipe de Fredrik Bäckhed à l'université de Göteborg (Suède), a permis de corriger temporairement leur glycémie élevée à jeun.

Une alimentation riche en fibres change le microbiote

Le point commun de toutes ces bactéries bénéfiques ? Elles sont capables de digérer dans le côlon certains sucres complexes composant les fibres végétales. Elles produisent alors des acides gras à chaînes courtes, tels que le butyrate, l'acétate ou le propionate. Or le butyrate est la source d'énergie privilégiée des cellules épithéliales du côlon qui forment normalement une paroi étanche aux bactéries. De plus, ces petits acides gras, qui diffusent facilement, sont aussi connus pour leur puissant effet anti-inflammatoire sur le système immunitaire. Plus étonnant encore, ils vont stimuler — par l'intermédiaire des nerfs vague et spinaux innervant les intestins — la production de glucose, comme l'ont montré Gilles Mithieux et son équipe Nutrition et cerveau de l'Inserm, à Lyon. *« Cette production de glucose réduit la sensation de faim et le besoin d'accumuler de l'énergie par l'organisme,* précise le chercheur, *ce qui fait perdre du poids aux animaux. »* Adopter une alimentation riche en fibres produit un changement rapide et profond du microbiote en faveur de bactéries capables de réguler l'appétit. *« On sait depuis longtemps que la consommation de fibres végétales réduit les risques d'obésité, de diabète et de troubles cardio-vasculaires,* conclut le chercheur. *L'explication de cet effet bénéfique réside probablement pour une bonne part dans ces bactéries. »* Manger des fruits et des légumes pour conserver la santé ? Le slogan est bien connu mais un détour par notre microbiote permet désormais de comprendre pourquoi. ■

BERNARD MARTINEZ

OBÉSITÉ

Les effets désastreux des édulcorants

Les édulcorants de synthèse dérégleraient le microbiote, selon une étude publiée en 2014 par des chercheurs israéliens de l'Institut Weizmann dans *Nature*. Chez des souris recevant ces édulcorants, le microbiote se trouve en effet modifié et induit une glycémie (taux de sucre dans le sang) plus élevée à jeun. Chez l'homme, la consommation régulière de ces succédanés de sucre serait associée à une augmentation de la glycémie et à l'obésité. Ces résultats, joints au fait que la commercialisation des édulcorants a coïncidé avec l'explosion du nombre d'obèses, font dire à ces scientifiques que les édulcorants peuvent avoir exacerbé l'épidémie… qu'ils étaient censés prévenir.

Les crustacés ont-ils toujours leur place sur les tables de fête ?

Ces animaux, riches en oligo-éléments et pauvres en calories, ont une excellente valeur nutritionnelle. Ils sont pourtant contre-indiqués en cas de problèmes cardiaques et d'allergies.

Tourteau, crevettes, homard, pouce-pied... En fin d'année, les tables festives en pincent pour les crustacés. Il est vrai que ces mets sont synonymes de nourriture vertueuse lors des excès. Mais ces produits de luxe attisent les convoitises et suscitent parfois des pratiques frauduleuses. Exemple avec les crabes, et notamment le très prisé royal du Kamtchatka (1). En conserve, sa chair est parfois remplacée par celle de crustacés moins coûteux ou de poissons. Il arrive également que ces boîtes contiennent des fragments de carapace ou de branchies, des viscères, du cartilage, des tendons de pattes ou encore une quantité anormale de liquide... D'autres espèces font l'objet de braconnage, à l'instar des pouces-pieds dont la pêche illégale sur les côtes bretonnes alimente le marché ibérique où ils se vendent à prix d'or. En France, afin de limiter les dérives, la DGCCRF (Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes) mène régulièrement des enquêtes et exige que trois mentions soient portées à l'intention du consommateur : la dénomination commerciale de l'espèce, la méthode de production (pêche en mer, en eaux intérieures ou en élevage) et la zone de capture. Une seule parade pour le consommateur, l'achat de crustacés entiers, frais ou vivants, ce qui constitue la meilleure garantie d'origine et une assurance imparable de fraîcheur.

19 000 tonnes

La quantité de crustacés produits ou pêchés et vendus en France chaque année. 80 % sont issus de la pêche et 20 % de la culture, essentiellement des crevettes et écrevisses (*Les Cahiers de FranceAgriMer*, avril 2013).

Ils regroupent 45 000 espèces

Formant un sous-embranchement des arthropodes, qui comprennent également les insectes et les arachnides, les crustacés ont un corps segmenté, équipé de paires d'appendices articulés (pinces, antennes, pattes...), et revêtu d'une cuticule dure *(lire lexique)* (2). Parmi les 45 000 espèces recensées, nous n'en consommons qu'une centaine présentant une grande diversité de formes et de modes de vie. Celles-ci vivent

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

CUTICULE Enveloppe dure des crustacés qui fait office de squelette externe. Sécrétée par l'épiderme, elle se caractérise par une teneur élevée en chitine et en pigments caroténoïdes qui donne une couleur rouge ou rosée à la cuisson.

TROPOMYOSINE Cette protéine présente dans tous les crustacés est un allergène potentiel, d'où de fréquentes réactions croisées entre les différentes espèces, mais aussi avec les mollusques qui contiennent une protéine très proche.

CHITINE Substance organique azotée isolée pour la première fois par un chimiste français en 1811 à partir d'un champignon. Elle constitue le principal élément des téguments des insectes et des crustacés.

aussi bien en mer qu'en eau douce (écrevisse) voire sur terre (crabe des cocotiers), mobiles (crabe, bouquet) ou fixés sur un support (pouce-pied).

Riches en oligo-éléments, ils sont peu caloriques

Les crustacés sont pauvres en lipides et riches en protéines, fournissant l'ensemble des acides aminés essentiels que le corps ne sait pas synthétiser (3). Ce sont également de bonnes sources de fer et de magnésium — tous deux excellents contre la fatigue — ou de calcium — indispensable à la formation des os et au bon fonctionnement des cellules.

Les crustacés marins sont en outre riches en iode, un oligo-élément rare que peu d'aliments nous fournissent, nécessaire à la production des hormones par la glande thyroïde. L'apport journalier recommandé chez l'adulte se situe aux environs de 150 microgrammes (µg) par jour ; les crevettes bouquets en fournissent environ 30 µg pour 100 g, les langoustes 65µg et les crabes 100 µg. Attention cependant au mode de cuisson qui peut réduire la teneur en iode du produit. Pour la préserver, il faut préférer les crustacés crus ou grillés (4).

Gare aux insuffisances cardiaques...

Les personnes souffrant d'insuffisance cardiaque, censées limiter strictement leurs apports en sel, ne doivent pas abuser de crustacés. Car 15 langoustines ou 100 g de crabe fournissent... plus d'un gramme de sel ! Cet apport provoque un afflux d'eau dans le sang afin de maintenir l'équilibre osmotique (équilibre de concentration en ions), ce qui augmente le volume sanguin. Cette hausse entraîne à son tour un plus grand travail de pompage pour le cœur, qu'il ne peut assurer chez les insuffisants cardiaques. Le sang s'accumule alors au niveau des vaisseaux pulmonaires jusqu'à transsuder (passer) dans les alvéoles pulmonaires, normalement remplies d'air. Ce phénomène — l'œdème aigu du poumon — entrave la respiration et constitue une urgence vitale.

... et aux allergies !

En France, près de 2 % des enfants et 3 % des adultes souffrant d'allergie alimentaire sont intolérants aux crustacés. Le principal allergène en cause est la tropomyosine *(lire lexique)*, qui résiste à la cuisson (5). En Europe, une directive oblige les industriels à indiquer sur les étiquettes la présence de crustacés, même à l'état de trace. Attention également aux respects des règles d'hygiène dans les poissonneries et les restaurants, le risque de contamination d'autres aliments à travers la glace ou les ustensiles de cuisine n'étant pas négligeable.

Le chitosan ne fait pas maigrir

Molécule produite à partir de la chitine *(lire lexique)*, dont est constituée la carapace des crustacés, le chitosan a fait l'objet de centaines de publications scientifiques et de brevets depuis le début des années 2000, notamment dans le domaine des produits amincissants. En 2012, l'autorité de santé européenne (Efsa), après examen des données scientifiques, a estimé que, faute de preuves, les compléments alimentaires contenant du chitosan ne pouvaient mentionner d'allégations santé sur la perte de poids ou le maintien d'un poids optimal.Mais le chitosan possède d'autres qualités bien réelles, notamment antibactériennes et antifongiques, et est utilisé dans l'industrie pharmaceutique comme agent de conservation, épaississant, émulsifiant, stabilisant, ou agent d'enrobage (6). Attention cependant, il est contre-indiqué en cas d'allergie aux crustacés. ■ **Marie-Noëlle Delaby**

MARTIAL LAURANS Chercheur au Laboratoire de biologie halieutique de l'Ifremer à Brest

« Ne pas les consommer quand la carapace est molle »

« Mieux vaut ne pas consommer de grands crustacés (crabes, araignées, homards), lorsqu'ils muent. L'exuvie — qui consiste à changer de carapace pour une plus grande — altère fortement leur qualité gustative : le crustacé semble vide puisqu'il n'a pas encore rempli les interstices de sa nouvelle carapace et a perdu en masse pour produire cet effort. Sinon, les crustacés n'étant pas des espèces « filtreuses » comme les mollusques capables de concentrer de grandes quantités de polluants, leur pêche présente peu de risque sanitaire. Toutefois, mieux vaut éviter de manger la chair grise, leur système digestif, si l'on doute de la salubrité de la zone de pêche. »

(1) *Merveilleux Crabes, un éloge de la biodiversité*, Catherine Vadon, Belin, 2013.

(2) *Les Fruits de la mer et plantes marines des pêches françaises*, Jean-Claude Quéro et Jean-Jacques Vayne, Delachaux et Niestlé, 1998.

(3) « Table Ciqual de composition nutritionnelle des aliments », document édité par l'Anses, 2013.

(4) *La Consommation d'iode*, « Questions de santé » éditées par le CEA. www.cea.fr.

(5) « Allergies alimentaires, connaissance, clinique et prévention », Programme national nutrition et santé (PNNS), disponible sur www.sante.gouv.fr

(6) *Chitine et chitosan*, éditions Bibliomer et Ifremer, août 2010.

BENOIT RAJAN / CNRS PHOTOTHÈQUE

L'électroencéphalographie permet d'identifier le moment où les neurones olfactifs présents dans la muqueuse nasale envoient l'information au cerveau.

L'odorat, sentinelle de la vie

Selon le spectaculaire constat d'une étude récente, la perte de l'olfaction chez les seniors pourrait annoncer un décès dans les cinq ans. Et si le nez servait d'outil de diagnostic ?

PAR CERTAINS ASPECTS, les biologistes sont l'équivalent moderne de Mme Irma. Scrutant le corps humain aussi intensément qu'une boule de cristal, ils tentent d'y lire des indices sur le futur de leurs patients. Avec, avouons-le, une fortune aussi diverse qu'une diseuse de bonne aventure... Jusqu'à présent, aucun marqueur, qu'il soit biologique ou génétique *(lire l'encadré p. 70)*, ne s'est affirmé comme un indicateur fiable de notre longévité. Et s'il ne fallait pas chercher plus loin que le bout de notre nez ? Publiée dans la revue *Plos One* en octobre, l'étude de Jayant Pinto, de l'université de Chicago (États-Unis), et de son équipe a fait l'effet d'une petite bombe. Les chercheurs ont déterminé que la perte d'odorat chez des sujets âgés de 57 à 85 ans pouvait annoncer un décès dans les cinq ans. Alors que seulement 10 % des personnes jouissant d'un odorat normal sont mortes durant cette période, ce chiffre est multiplié par quatre (39 %) pour les personnes incapables de reconnaître des odeurs comme l'orange, le cuir, la rose ou encore le poisson. Troublant.

Par son aspect spectaculaire, cette étude a aussitôt suscité l'emballement. *« Le centre du goût et des*

odeurs de l'université de Pennsylvanie, où je travaille, a reçu une douzaine d'appels de personnes affolées, relate Richard Doty. *Ayant perdu l'odorat, elles redoutaient une mort prochaine. Mais, il faut noter que le terme "prédire" tel qu'utilisé dans le titre de l'article, "Olfactory Dysfunction predicts 5-year mortality in older adults", ne signifie pas grand-chose à moins que l'on ne parle d'une prédiction à 100 %, ce qui est loin d'être le cas ici. Il y a des prédictions fortes... mais aussi des faibles. Et, en l'occurrence, la grande majorité des personnes avec une perte d'odorat vivent bien au-delà des cinq ans de cette étude. »*

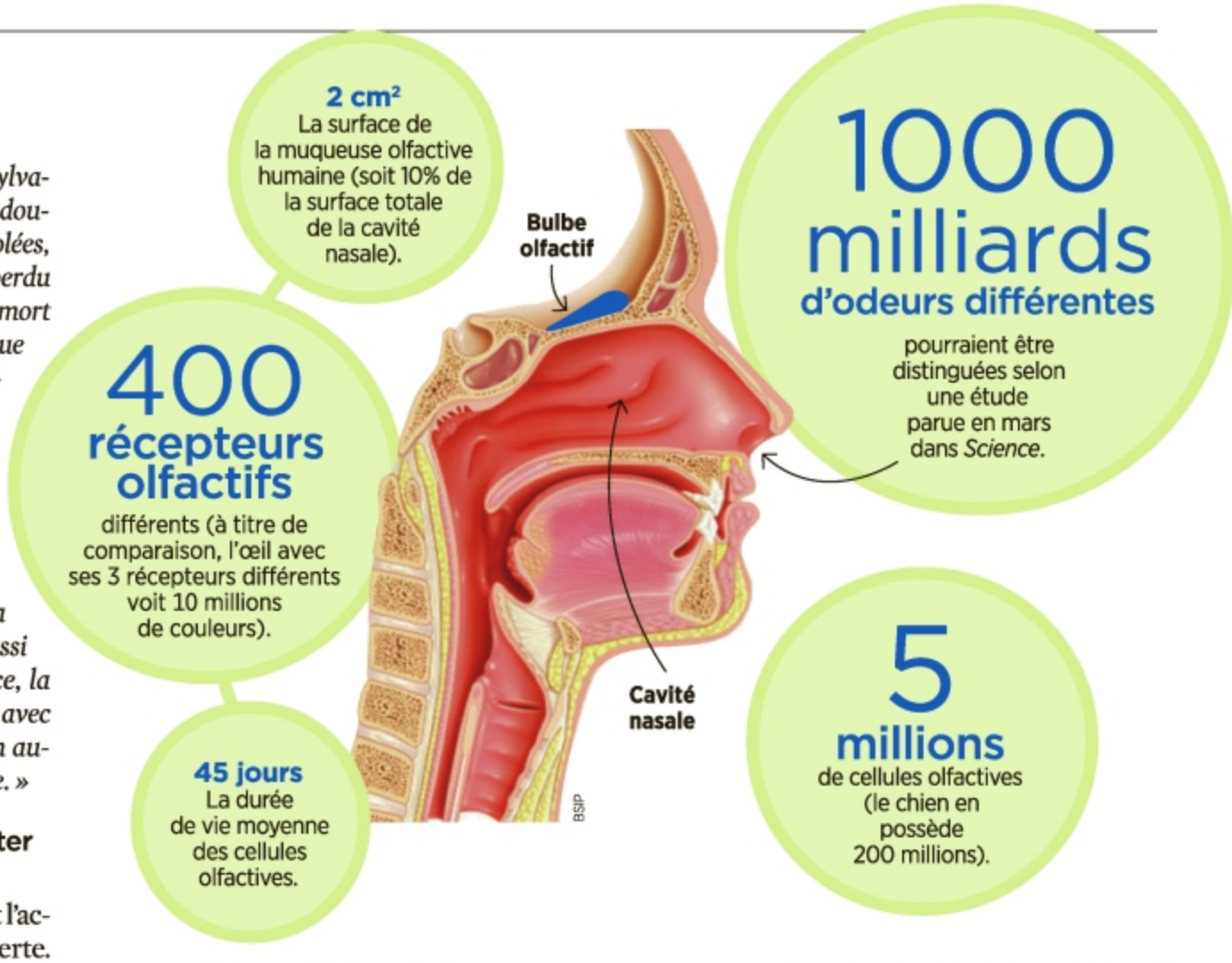
Un signal d'alerte à ajouter à d'autres paramètres

En réalité, ce qui compte c'est l'accumulation des signaux d'alerte. Car, si un malade a, entre autres paramètres biologiques alarmants, un odorat en berne, mais aussi une dentition en perdition, une pression sanguine en capilotade, un foie malade et une mobilité réduite, les risques de mort dans les prochaines années augmentent en proportion. De l'avis de tous les chercheurs interrogés, si ce travail, qui intervient après ceux de deux autres d'équipes américaines en 2011 et 2012, confirme que la perte d'odorat est un marqueur intéressant de la longévité, il est insuffisant à lui tout seul pour servir de diagnostic.

Si la France compte quelque 300 000 sourds et 60 000 aveugles, combien recense-t-elle d'« anosmiques » ? De quoi ? La méconnaissance même du terme désignant les personnes ayant perdu totalement ou en partie l'odorat montre bien le manque d'intérêt pour ce sens. Impossible de savoir combien de personnes en souffrent dans notre pays, et même ailleurs ! *« Nous vivons dans un monde audiovisuel où nous sommes peu éduqués olfactivement,* constate Moustafa Benfasi, directeur de recherche au Centre de recherche en neurosciences de Lyon. *En tout et pour tout, on recense en effet deux études sur ce thème dans la population. »*

Dans cette *terra incognita*, l'étude lancée en ce moment par le chercheur à Lyon, et qui va s'étaler sur deux ans, apparaît autrement plus ambitieuse. L'anosmie ou l'hyposmie (baisse de l'odorat) y seront scrutées, mais aussi d'autres paramètres physiques. Ainsi, des changements dans l'odorat pourront éventuellement être mis en relation avec le cycle menstruel ou la grossesse, ce qui n'avait jamais été réalisé auparavant à cette échelle.

Cette recherche s'impose d'autant plus que nos capacités olfactives viennent d'être largement revues à la hausse. Depuis une étude de 1927, les chercheurs pensaient que les 400 récepteurs différents de notre muqueuse nasale étaient capables de sentir 10 000 odeurs... Les travaux d'une équipe de l'université Rockefeller (New York) viennent de montrer que c'est en fait 1000 milliards, soit cent millions de fois plus ! L'auteur de ce travail, Andreas Keller, a analysé l'étude de Jayant Pinto sur l'odorat et la longévité et a été *« surpris par une corrélation aussi forte entre odorat et espérance de vie »*. Si forte que le chercheur appuie l'hypothèse de l'équipe : pour lui,



RECHERCHE

L'homme a du flair

On sait la truffe du chien capable de prodiges. Ces dernières années, plusieurs études ont montré que le meilleur ami de l'homme n'avait pas son pareil pour renifler certains cancers sur des patients (*lire* S. et A., *n° 769, mars 2011*). Il se trouve qu'en matière de flair, l'être humain n'est pas mauvais non plus. Une équipe suédoise de l'institut Karolinska (Stockholm) a demandé à des participants de sentir des tee-shirts de personnes qui, pour la moitié d'entre elles, s'était vu injecter une toxine pour activer leur système immunitaire. Surprise ! chez ces individus ayant un système immunitaire plus actif, l'odeur corporelle a été jugée plus déplaisante que chez celles en parfaite santé.

GÉNÉTIQUE

Les secrets de longévité des super-centenaires

Les généticiens en sont persuadés : les super-centenaires recèlent les clés de la longévité. Mais, encore faut-il les trouver. 17 personnes de plus de 110 ans (parmi les 74 recensées sur la planète au total) ont vu leur génome séquencé par une équipe de l'université Stanford (États-Unis) emmenée par Kim Stuart. Résultat : chou blanc !

« Nous n'avons pas appris grand-chose, admet ce dernier. *Nous avions espéré qu'un simple gène pourrait expliquer la longévité extrême. Mais nous ne l'avons pas trouvé.* » Une étude plus large sera nécessaire pour dissiper le mystère. Mais la véritable surprise, contre-intuitive, de cette vaste étude est ailleurs. L'équipe a cherché dans le génome de ces grands seniors si étaient présents des allèles (versions d'un gène) pathogènes tels ceux listés par l'American College of Medical Genetics and Genomics. Et là, bingo ! l'un des supercentenaires présentait une mutation génétique prédisposant à une cardiomyopathie hypertrophique, un trouble cardiaque potentiellement fatal par mort subite. *« Cela signifie que ce n'est pas parce que vous avez une telle mutation que vous allez avoir la maladie !* conclut Kim Stuart. *La mutation n'a pas provoqué de maladie chez ce centenaire durant plus de 110 ans.* » Quoi qu'il en soit, la conclusion est amère pour les chercheurs. Si le gène des super-centenaires n'existe pas, il faudra alors imaginer que c'est l'association de plusieurs d'entre eux qui confère une longue vie. Tout reste à faire. **Elena Sender**

YOSHIKO MORIYA / THE YOMIURI SAMBUN / AFP

Le séquençage de 17 génomes de personnes de plus de 110 ans n'a pas permis de trouver un gène spécifique à leur longévité.

la perte d'odorat jouerait le rôle, pour l'état de santé, *« du canari dans la mine de charbon »*. L'oiseau que les mineurs descendaient avec eux au fond de la mine était en effet un signal d'alerte très efficace pour prévenir du coup de grisou puisqu'il succombait à la moindre émanation de gaz. Pourtant, en cas d'accident, le volatile n'avait aucune responsabilité dans la mort de mineurs... Comme signal d'alarme et outil diagnostique, l'odorat pourrait donc effectivement se révéler utile. Même s'il reste, pour l'heure, très difficile à cerner. *« Les études sur l'olfaction sont très contraignantes*, explique Jean-Pierre Royet, du Centre de recherche en neurosciences de Lyon. *Nous avons l'obligation d'être dans un environnement totalement dépourvu d'odeurs parasites et d'attendre 20 secondes entre deux odeurs sous peine de saturer le sujet... »* Pourtant, contrairement à l'ouïe ou à la vue, l'odorat, lui, présente la qualité unique d'être l'expression directe d'une partie du cerveau exposée à l'environnement extérieur. L'épithélium, la muqueuse située en haut de la cavité nasale, est ainsi essentiellement composé de neurones olfactifs qui transmettent directement les informations aux deux bulbes olfactifs situés dans le cerveau. Mais ces cellules nerveuses sont soumises à rude épreuve par les polluants, parfums et autres agresseurs chimiques qui font notre quotidien et qui détruisent progressivement les cellules. L'épithélium doit donc renouveler sa surface de 2 cm² tous les mois en moyenne avec des neurones « frais ». *« La durée de vie très courte des neurones olfactifs contraint l'organisme à les remplacer en permanence*, explique Andreas Keller. *Or, quand le corps perd la capacité ou les ressources pour entretenir ses neurones, les premières victimes sont ceux de la sphère olfactive. Voilà pourquoi ce pourrait bien être le premier indice perceptible d'un corps se trouvant dans l'incapacité de se réparer. »*

La personne dépressive voit son olfaction perturbée

Quelques jalons avaient déjà été posés sur cette piste diagnostique concernant certaines maladies. Ainsi, les chercheurs ont déjà fait le rapprochement entre anosmie et déclenchement de la maladie d'Alzheimer ou de la dépression, par exemple. *« Nous savons que plus une personne plonge dans la dépression, plus son olfaction est perturbée*, explique Boriana Atanasova, de l'université François-Rabelais à Tours. *Elle est de moins en moins sensible à une odeur agréable et pourra trouver déplaisant et de plus en plus au fur et à mesure de la progression de la maladie, une odeur comme la vanille ou la cannelle. »* Sans que l'on sache encore expliquer ce phénomène. Pour l'heure, Jayant Pinto poursuit son étude et compte désormais se projeter à dix ans pour évaluer la robustesse de sa prédiction sur une période plus longue. Il espère surtout *« résoudre les mécanismes à l'œuvre dans ce lien qu'entretient l'odorat avec la mort »*. En espérant que la boule de cristal gagne en netteté... ■

Hervé Ratel

Par le Dr Pierre Miquel

50 %

de moins de parodontites sévères — lésions avec déchaussement et nécrose dentaires — en quarante ans chez les 40-70 ans, selon une enquête menée en Suède. Soit 12 % en 2010 contre 26 % en 1970 grâce à la baisse de la proportion de consommateurs de tabac (15 % au lieu de 44 %) au cours de cette période. C'est une confirmation du rôle majeur que joue la cigarette, même si d'autres facteurs, notamment l'hygiène dentaire, entrent en ligne.

Journal of Clinical Periodontology, octobre 2014.

MÉDECINE TROPICALE

Quand une mouche noire fait trembler la tête

Déjà vecteur du parasite responsable de l'onchocercose (cécité des rivières), la simulie, ou mouche noire, serait aussi le vecteur d'une maladie neurologique aux conséquences dévastatrices. La maladie du hochement de tête, surtout observée en Afrique de l'Ouest chez les enfants de 5 à 15 ans, associe crises d'épilepsie, troubles de la croissance et retard cognitif.

International Journal of Infectious Diseases, octobre 2014.

J. THYS/REPORTERS REA

Une gêne respiratoire peut toucher des bébés nageurs prédisposés.

PÉDIATRIE

Prudence pour les bébés nageurs à terrain allergique

Si les séances de bébés-nageurs jouissent d'un succès mérité en raison des bienfaits sensoriels et psychomoteurs que peut apporter cette activité « d'éveil et de loisir », une certaine prudence est cependant de mise en cas de terrain « atopique » (prédisposition aux allergies). Une étude a suivi jusqu'à l'âge de 17 mois plus de 1000 enfants dont près de la moitié de bébés-nageurs ayant débuté les séances de nage à 5 mois en moyenne à raison d'une séance tous les 15 jours. Chez les enfants souffrant d'une maladie virale sous-jacente, l'apparition de sifflements respiratoires épisodiques était plus fréquente chez les nageurs que chez les autres, la différence étant significative (3,7 % au lieu de 1,2 %). En tenant compte des autres facteurs de risque (tabagisme parental notamment), l'apparition de ces sifflements d'origine virale paraît bien associée à l'existence d'un eczéma atopique, une maladie inflammatoire et chronique de la peau.

Acta Paediatrica, novembre 2014.

DERMATOLOGIE

Psoriasis et polyarthrite rhumatoïde : mieux surveiller le risque cardio-vasculaire

Un meilleur contrôle cardio-vasculaire devrait être assuré chez les personnes atteintes de psoriasis ou de polyarthrite rhumatoïde (PA). Selon une vaste étude de dossiers (190 000 patients et 80 000 témoins âgés de 18 à 90 ans), le risque d'accident cardio-vasculaire grave (infarctus du myocarde, AVC) est significativement augmenté en cas d'arthrite psoriasique (+25 %), de psoriasis sévère (+40 %), ou de PA (+45 %).

British Medical Journal, 28 octobre 2014.

CARDIOLOGIE

Troubles du rythme cardiaque et testostérone

Les torsades de pointes correspondent à une anomalie de contraction des ventricules du cœur visible à l'électrocardiogramme. Une étude chez 2000 adultes montre que le taux de testostérone dans le sang conditionne la fréquence de ce trouble du rythme potentiellement grave. Cette fréquence est moindre chez l'homme que chez la femme, mais avec l'âge et la chute de la testostérone chez l'homme, elle devient progressivement comparable.

American Heart Journal, novembre 2014.

GYNÉCOLOGIE

La couleur de l'iris associée à l'endométriose

L'endométriose (présence de muqueuse utérine à distance de la cavité utérine), est responsable de dysménorrhées (règles douloureuses) mais aussi d'infertilité. Une étude sur plus de 700 femmes suggère que celles souffrant de nodules de la cavité péritonéale (endométriose profonde) ont plus souvent les yeux bleus (30 %) que celles qui ont des kystes ovariens (endométriomes) (16 %) ou que les femmes en bonne santé (15 %). Cette curieuse association pourrait avoir une origine génétique ou être liée à un manque d'exposition aux UVB qui serait impliqué dans l'endométriose. Human Reproduction, 10 octobre 2014.

PHANIE

Coupe histologique de la paroi utérine montrant au microscope une endométriose.

La Lune perturberait bien le sommeil

Plusieurs études mettent en avant l'influence de l'astre nocturne sur la qualité du sommeil. Le mécanisme d'action de son cycle sur l'être humain demeure cependant mystérieux.

QUI, NE POUVANT FERMER LES YEUX, ne s'est pas dit une nuit *« Normal, c'est la pleine Lune »* ? Légende urbaine ? Pas vraiment ! Du moins à en croire une étude parue en novembre dans la très sérieuse revue *Sleep Medicine* qui conclut que l'on met plus de temps pour s'endormir et que le sommeil est moins profond et moins réparateur lorsque l'astre nocturne est dans sa phase la plus éclairée par le Soleil. Réalisée par une équipe internationale menée par Csilla Zita Turanyi, de l'université Semmelweis de Budapest (Hongrie), elle reprend des données collectées lors de précédentes recherches menées entre janvier 2007 et novembre 2009.

Une étude « rétrospective » donc, mais qui n'en est pas moins solide, comme le confirme Joëlle Adrien, directrice de recherche à l'Inserm et spécialiste du sommeil : *« L'avantage de ce type d'étude est que les données ne sont pas biaisées par des questions orientées des scientifiques* [par exemple : *« Avez-vous bien dormi durant cette nuit de pleine Lune ? »*, qui pourrait inciter à une réponse positive ou négative]. *De plus, les données sont faciles à mettre en corrélation avec les phases de la lune. »* Ainsi, les valeurs enregistrées sur le sommeil de 319 personnes (dont 57 % d'hommes), et autant de nuits, ont été confrontées au calendrier lunaire. Et les 47 nuits enregistrées pendant la pleine Lune semblent bien avoir un profil différent (des taux de sommeil profond de 6,1 % contre 10,9 % lors des phases alternatives, de sommeil paradoxal de 10,1 % contre 13,9 % et de temps d'éveil de 28,7 % contre 20,2 %).

PHOTO ALTO/PLAINPICTURE

La qualité du sommeil, associée à des difficultés d'endormissement, apparaît moins bonne les nuits de pleine Lune.

Un constat que les signataires de l'étude se gardent bien d'expliquer. *« Le mécanisme exact de l'association entre le cycle lunaire et le sommeil demeure non éclairci »*, écrivent-ils. Ils évoquent cependant différentes hypothèses comme les modifications du champ électromagnétique et de l'attraction gravitationnelle les nuits de pleine Lune sans donner plus de détails. À moins qu'il ne s'agisse d'un rythme « circalunaire » : un rythme biologique, déjà mis en évidence chez certaines espèces marines, qui serait inscrit dans nos gènes comme l'est le rythme circadien — qui régit les processus biologiques sur environ 24 h — mais qui opérerait sur une moyenne de 29,5 jours. *« Une sécrétion hormonale influencée par le cycle lunaire serait une piste intéressante à explorer »*, notait Joëlle Adrien.

Ce n'est pas la première fois que l'influence d'un tel rythme est mise en avant. Ainsi, quelques semaines plus tôt, une équipe de la Sahlgrenska Academy de l'Université de Göteborg (Suède) publiait dans *Current Biology* une étude portant sur 47 volontaires. Les

J.M. LECLERE/CIEL ET ESPACE PHOTOS

Les principaux effets de l'astre sur le sommeil se produiraient lors des phases de nouvelle et pleine Lune.

scientifiques ont relevé une diminution du temps de sommeil de 25 minutes lors de la période de pleine Lune, associée à une plus grande sensibilité aux bruits, traduisant un sommeil moins profond. Ils ont aussi constaté un allongement de la durée du sommeil paradoxal de 30 minutes aux alentours de la phase de la nouvelle Lune — celle où l'astre n'est pas visible depuis la Terre — en notant que les hommes semblent plus concernés que les femmes.

Moins de mélatonine les nuits de pleine Lune

Depuis quelques années, des médecins accumulent ainsi les résultats en faveur d'une influence lunaire sur le sommeil, à défaut d'avoir des pistes solides d'explications. Au point qu'une équipe du Centre de chronobiologie de l'université de Bâle (Suisse) n'hésitait pas à donner pour titre à un article paru en juillet 2013 « Preuve que le cycle lunaire influence le sommeil humain ». Lors de ce travail rétrospectif, faisant la corrélation avec les phases de la Lune, les chercheurs se sont en effet aperçus que l'évaluation subjective des 33 participants, âgés de 20 à 74 ans, indiquait une diminution de la qualité de leur sommeil les nuits de pleine Lune. Les mesures physiologiques associées confortaient cette impression. Durant cette phase lunaire, leur taux de mélatonine, hormone qui intervient dans le processus de l'endormissement, décroissait. Ce qui avait sans doute pour effet un allongement de la durée moyenne d'endormissement de 5 minutes. À l'inverse, les scientifiques constataient une réduction de la durée du sommeil de 20 minutes et le sommeil lent était moins profond. Pour le Dr Sara Hartley, du Réseau Morphée, spécialisée dans les troubles du sommeil, *« ces études sont fascinantes et démontrent que les principaux effets se produisent lors des phases de la nouvelle Lune et de pleine Lune »*. Tous les médecins ne sont cependant pas convaincus par ces recherches. Ainsi, en juin 2014, deux scientifiques de l'université d'Oxford (Royaume-Uni) mettaient en exergue dans *Current Biology* quelques résultats non concordants remettant en question la validité des résultats. *« Alors qu'il y avait jusqu'ici un manque d'études bien menées, nous en avons maintenant trois ayant passé une sérieuse et rigoureuse évaluation par les pairs »*, commencent-ils par se féliciter avant de regretter *« qu'elles affichent des résultats pas toujours cohérents »*. S'ils ne nient pas que la Lune puisse affecter notre sommeil, ces scientifiques estiment que rien ne pourra être tranché tant que l'on n'aura pas mené des recherches spécifiquement conçues pour le prouver.

25
minutes
La diminution du temps de sommeil relevée les nuits de pleine Lune.

30 minutes
L'allongement de la durée du sommeil paradoxal les nuits de nouvelle Lune.
(D'APRÈS UNE ÉTUDE DE L'UNIVERSITÉ DE GÖTEBORG, SUÈDE.)

Des bracelets pour effectuer des mesures

Le même mois, leur appel à la prudence a été repris par des chercheurs de l'institut Max Planck de psychiatrie à Munich (Allemagne), pour lesquels les études ne seraient pas statistiquement solides vu le faible nombre de participants. Pour appuyer leurs propos, Martin Dresler et son équipe ont réuni des données portant sur le sommeil de 1265 volontaires, relevées durant 2097 nuits. Et dans ces conditions... impossible selon eux de *« reproduire les résultats précédents »*. *« Nous pourrions voir s'il y a une véritable corrélation entre le sommeil et les phases de la Lune en menant une étude longitudinale* [sur les mêmes participants sur plusieurs mois] *en utilisant des actimètres, bracelets qui mesurent la durée du sommeil, voire l'endormissement »*, confirme Joëlle Adrien. Et si l'origine de ces observations n'était pas physiologique mais culturelle ? Sara Hartley raconte : *« Pendant des siècles, les Britanniques ont prolongé leurs sorties les nuits de pleine Lune puisque l'astre éclairait suffisamment leur chemin. Du coup, ils dormaient moins ces nuits-là. »* Peut-être qu'ainsi, de génération en génération, le corps humain a peu à peu pris l'habitude de moins dormir à la pleine Lune. ■

Pascal Nguyên (avec Pierre Miquel)

INSERM

« Une sécrétion hormonale influencée par le cycle lunaire serait une piste intéressante à explorer »

Joëlle Adrien, directrice de recherche à l'Inserm

La preuve par le détecteur de mensonge

Dans le but de renforcer la sécurité, les innovations destinées à traquer les menteurs se multiplient. Plusieurs techniques sont opérationnelles, mais manquent encore de fiabilité.

Par Elena Sender

L'aéroport JFK de New York, les voyageurs attendent patiemment leur tour devant une borne vidéo. Une fois leur passeport scanné, un visage virtuel apparaît à l'écran et les interroge aussitôt : *« Êtes-vous citoyen des États-Unis ? » « Habitez-vous à l'adresse indiquée ? » « Est-ce votre premier voyage aux États-Unis ? »*... Pris sous le feu roulant de questions, le passager répond du tac au tac à la machine, sans se rendre compte que les réactions de son visage sont scrutées et analysées. Au moindre signe pouvant laisser suspecter un mensonge, il est signalé aux agents de sécurité qui prennent le relais pour un interrogatoire « classique » plus poussé. Science-fiction ? Non, réalité : le système Avatar (*Automated Virtual Agent for Truth Assessments in Real-Time*) développé par Jay Nunamaker et Douglas Derrick, chercheurs à l'université de l'Arizona, a été testé à l'aéroport international de Nogales (Arizona) puis en Pologne en 2013 où il a obtenu, selon les scientifiques, un taux d'exactitude de 94 %.

Pour ce faire, le système active une caméra vidéo haute définition qui capte les gestes et les expressions faciales. Un oculomètre (*eye-tracker*) enregistre les mouvements des yeux et la dilatation de la pupille. Enfin, un microphone relié à un logiciel de reconnaissance de langage naturel enregistre la voix du voyageur pour en capter les moindres intonations. L'ordinateur estampille alors chaque réponse selon trois catégories de risque (vert, jaune ou rouge), le rouge indiquant la suspicion. Le système est prêt à être exporté partout dans le monde. Car l'ère des détecteurs de mensonges high-tech a commencé.

COLLECTION CHRISTOPHEL WALT DISNEY

Décoder les micro-expressions faciales

Depuis le bon vieux polygraphe *(lire l'encadré p. 76)*, scientifiques et ingénieurs rivalisent pour traquer les menteurs. Et les projets se multiplient. Le laboratoire thaïlandais Nectec détecte le mensonge grâce à la mesure des variations thermiques de la face. L'équipe Emotient de Marian Bartlett, à l'université de New York, a breveté, elle, *l'automated facial action coding system*, un programme qui détecte automatiquement à partir de l'analyse des mouvements des muscles faciaux les expressions produites par les émotions primaires (joie, peur, tristesse, surprise, dégoût, colère, dépit...), des sentiments généraux (positif, négatif et neutre) et complexes (frustration, confusion). Ce système s'inspire des travaux anciens de Paul Ekman, un psychologue de l'université de Californie créateur du *facial action coding system* (FACS) en 1978 (révisé en 2002), l'inventaire des mouvements musculaires de la face. Ces derniers correspondent aux différentes émotions ressenties, qu'un observateur bien entraîné peut décoder. Emotient ▶

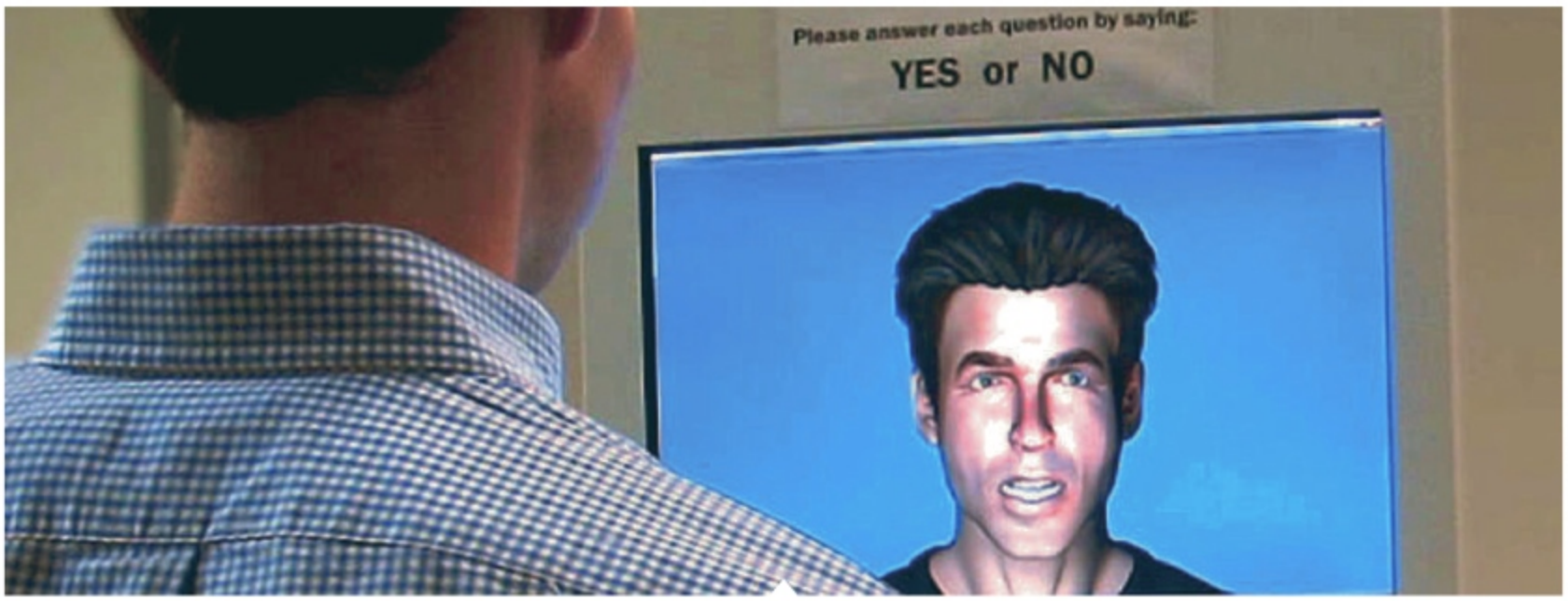
LÉGISLATION

En France, une autorisation toute théorique

« Les techniques d'imagerie cérébrale ne peuvent être employées qu'à des fins médicales ou de recherche scientifique, ou dans le cadre d'expertises judiciaires », énonce la loi du 7 juillet 2011. En France, la détection du mensonge par examen du cerveau est donc autorisée. Du moins sur le papier. ***« Certains principes s'y opposent. Les examens dans le but de rechercher la vérité (polygraphe, phénobarbital, hypnose...) ont été interdits, assimilés à des actes de torture »***, commente Marie-Christine Sordino, professeure à la faculté de droit de Montpellier. Dans le futur, leur emploi sera peut-être possible ***« mais plutôt pour la défense »***. Car autoriser l'accusation — menée en France par l'État dans un système dit inquisitoire — à utiliser ces techniques jugées peu fiables ***« déclencherait une polémique »***, sans parler du coût supporté par le financement public. À l'inverse des États-Unis, où le système accusatoire laisse la charge de la preuve à chaque partie.

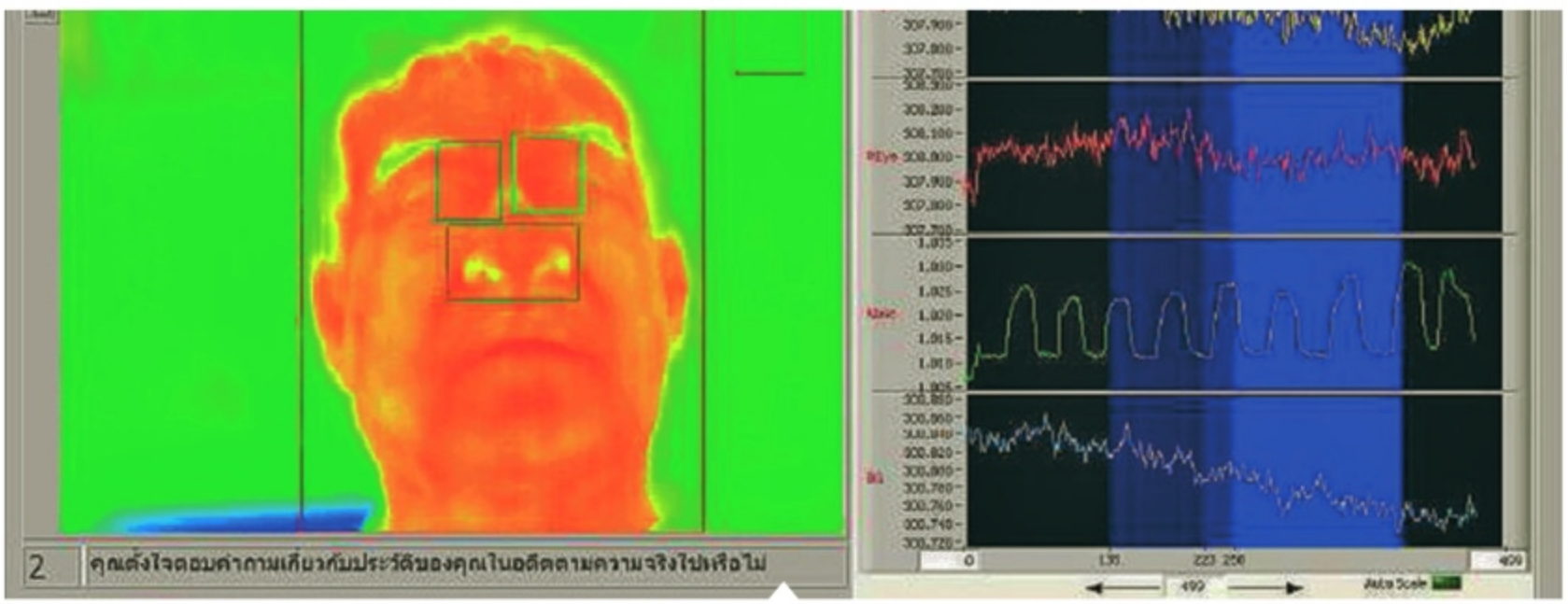
EMOTIENT

Le programme Emotient, créé par des chercheurs de l'université de Californie (États-Unis), analyse les mouvements les plus infimes des muscles faciaux pour déterminer le type d'émotion qu'éprouve le sujet filmé : joie, colère, tristesse, surprise, peur, dégoût, mépris.



THE UNIVERSITY OF NEBRASKA

Un agent de sécurité virtuel, l'Avatar-based Interviewing Kiosk, prototype de l'université de l'Arizona, interroge les voyageurs à l'aéroport. Il évalue les réponses en analysant les expressions du visage, les modulations de la voix et le regard, suivi par oculométrie.



NECTEC

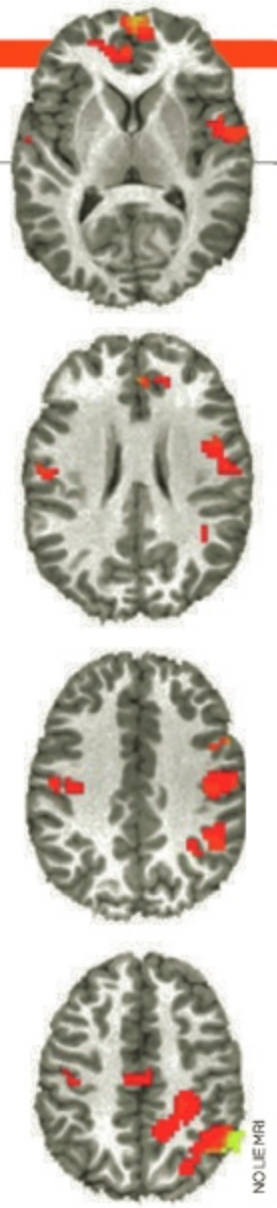
Le système TAD2 (Thermal analyser for deception detection), du laboratoire thaïlandais Nectec, mesure avec une caméra thermique les variations de températures au niveau de la face durant un interrogatoire. L'ordinateur en déduit les états émotionnels.

affirme surtout être capable de détecter les micro-expressions, ces mimiques faciales involontaires et ultrarapides (de 1/3 à 1/25 de seconde), témoins de l'état émotionnel intérieur, que personne ne peut contrôler totalement. En mai 2014, l'équipe a présenté l'*Emotion-aware Google Glass*, des lunettes interactives intégrant ce système. À quand des policiers chaussant de telles lunettes pour les interrogatoires ?

Décrypter les mouvements oculaires

Les mouvements des yeux trahissent autant que les expressions faciales selon les spécialistes informatiques du Center for Unified Biometrics and Sensors (CUBS) de l'université de Buffalo (États-Unis) qui ont analysé 40 conversations enregistrées par oculométrie (*eye tracking*), qui permet de suivre la direction du regard. Selon les experts, les yeux bougent en effet différemment selon qu'il s'agit d'une conversation normale ou d'un questionnement pouvant induire un mensonge. Ainsi, une personne qui maintient un mouvement oculaire constant dans les deux situations dirait plutôt la vérité mais on aurait affaire à un menteur quand les mouvements divergent. Le taux de réussite du système atteindrait 82,5 %. *« C'est un meilleur score que ceux obtenus avec des interrogateurs humains qui avoisinent plutôt 65 % en moyenne »*, assure Ifeoma Nwogu, professeure assistante au CUBS.

La chercheuse relativise néanmoins. Quelques sujets étudiés ont réussi à maintenir un mouvement des yeux usuel tout en trompant les chercheurs. Pour rendre la détection plus fiable, ceux-ci tentent alors d'y associer la mesure du battement de cils. Une étude menée par Brandon Perelman, de la Michigan Technology University (États-Unis), a montré que la fréquence des clignements d'yeux, déterminée par vidéo et électromyographie (enregistrement électrique de l'activité musculaire), diminue lorsque l'on ment. 81,3 % des menteurs ont ainsi pu être confondus. *« Cette technique est prometteuse d'autant qu'elle peut être utilisée à distance »*, conclut l'auteur.



NO LIE MRI

L'IRM fonctionnelle cérébrale révélerait l'activité des diverses régions du cerveau selon que le sujet ment ou dit la vérité, selon la société No Lie MRI.

Caractériser les nuances de la voix

La voix serait, elle aussi, un outil de détection à distance. Le *Layered Voice Analysis* (LVA), créé par la société israélienne Nemesysco est censé en analyser 120 caractéristiques pour déterminer 9 types d'émotions, parmi lesquelles le stress. Ce système a d'ores et déjà équipé en 2003 les serveurs téléphoniques d'une compagnie d'assurances britannique qui espérait ainsi repérer les fausses déclarations de sinistres de ses clients. Il est, depuis, utilisé par différents services policiers dans le monde, et a notamment servi d'élément à charge en 2013 en Inde lors d'une enquête sur un gang. Pourtant, Frank Horvath, chercheur émérite à l'université du Michigan (États-Unis), estime après, avoir étudié les enregistrements audio de 74 personnes (dont 31 menteurs) (*Journal of Forensic Science*, 2013) que le LVA ne repérerait que 25 % des menteurs. *« Cette méthode a ses limites. Elle doit aider à repérer des éléments suspects dans une enquête, mais pas donner un jugement final »*, admet prudemment Amir Liberman, le fondateur de la société Nemesysco.

Enregistrer les ondes cérébrales

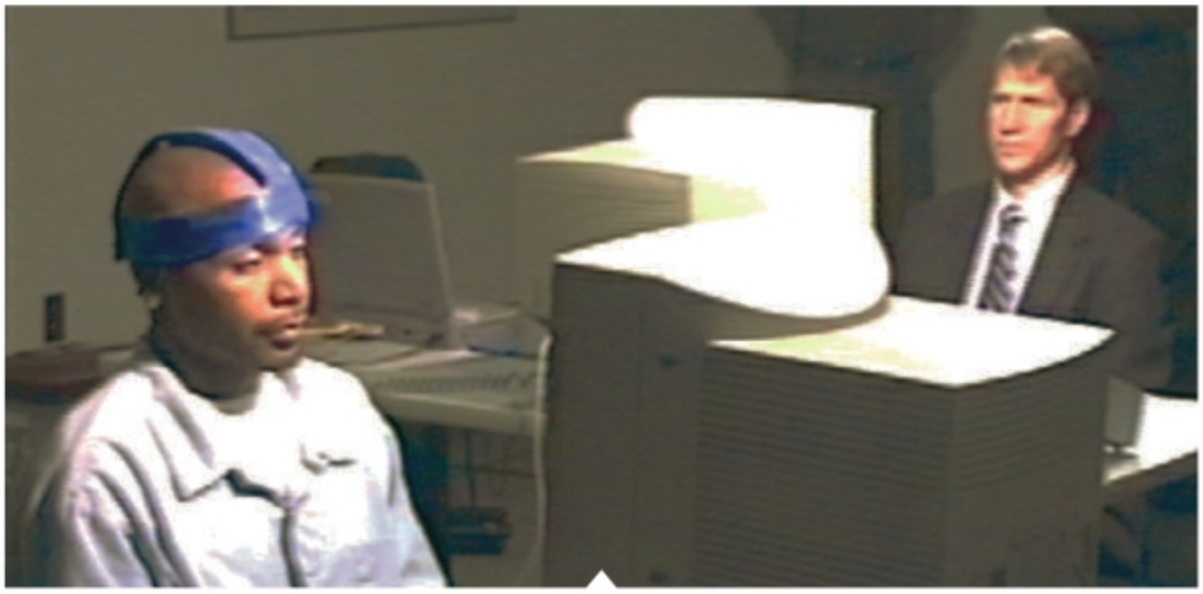
« La différence fondamentale entre un meurtrier et un innocent est que le premier a enregistré les détails du crime dans son cerveau alors que le second en est exempt », explique Lawrence Farwell, chercheur en psychologie qui a travaillé pour l'agence américaine du renseignement extérieur (CIA) et le service fédéral de police judiciaire (FBI). Le scientifique a inventé le concept « d'empreinte cérébrale », un programme qui tend à détecter les faits cachés dans le cerveau grâce à la mesure de son activité électrique par électroencéphalographie (EEG). *« On*

FIABILITÉ

Les limites du polygraphe

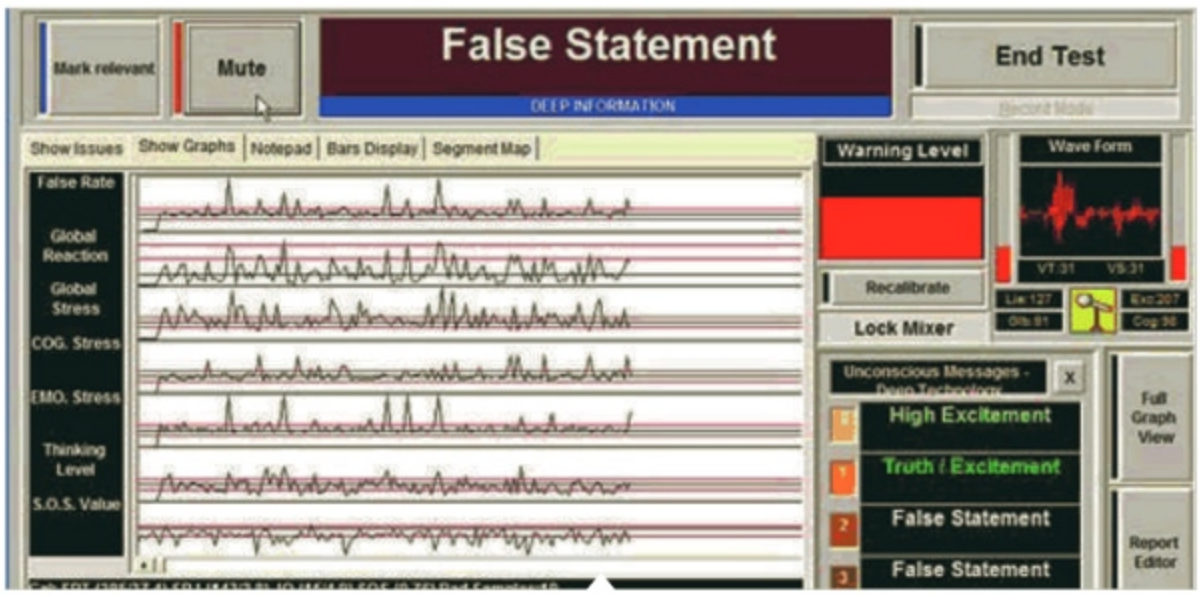
Utilisé aux États-Unis pour la détection de mensonges, le polygraphe mesure des variables physiologiques (pression sanguine, fréquences cardiaque et respiratoire, transpiration) pendant que la personne testée subit un interrogatoire. Ces variables sont censées refléter *« l'expression corporelle du mensonge »*. *« Néanmoins le lien entre mensonge et émotions d'une part et entre émotions et variables physiologiques d'autre part n'est pas linéaire et de ce fait difficilement prédictible. Sa fiabilité est remise en question »*, note Olivier Oullier, professeur de psychologie et neurosciences à l'université d'Aix-Marseille. Une étude du Conseil national de la recherche américaine a analysé 57 travaux réalisés, et conclu que la fiabilité du polygraphe n'excède pas 80 % (en laboratoire) et que les contre-mesures pour tromper l'appareil sont nombreuses. Il n'est pas assez performant pour être autorisé dans les tribunaux américains.

TEK IMAGE / SPL / COSMOS



LARRY FARNELL

Le Brain Fingerprinting (empreinte cérébrale), créé par Lawrence Farwell (à droite), enregistre la forme d'une onde du cortex cérébral, la P300, qui indique si le cerveau reconnaît ou non une situation criminelle.



NEMESYSCO

Le Layered Voice Analysis (LVA) détecte les émotions perceptibles dans la voix grâce à des algorithmes. Les réponses sont classées « faible risque » ; « stress » ; « sujet non sûr » ; « risque moyen » ; « haut risque ».

se focalise sur la P300, une onde est émise par le cortex 300 millisecondes après qu'une personne a reçu un stimulus. » Surtout, la forme de cette onde varie selon que le stimulus est familier ou non. Ainsi, la tête ceinte d'un bandeau à électrodes, le suspect est appelé à regarder sur écran des mots ou des images liés au délit, mélangés à des mots ou images sans rapport avec lui. Le programme informatique analyse alors la forme de l'onde P300 et teste la familiarité du sujet avec la situation choisie. Si celui-ci reconnaît les images d'une scène de crime par exemple, la forme de l'onde 300 doit inévitablement en rendre compte « *Le taux d'erreur est de 1 %. Mon laboratoire a même offert 100 000 dollars à qui réussirait à tromper le test, sans succès pour le moment*, affirme Lawrence Farwell. *Nous intervenons actuellement dans plusieurs procès aux États-Unis et souhaitons diffuser le système à large échelle.* » Pourtant, un procédé de détection fondé sur le même principe a suscité beaucoup de controverses en Inde en 2008 lors du procès d'une jeune femme accusée d'empoisonnement. Dans le rapport *Le Cerveau et la loi : analyse de l'émergence du neurodroit* (2012), Olivier Oullier, spécialiste français en neurosciences, met en garde contre des résultats obtenus en laboratoire et sur de trop petits échantillons. Il rappelle qu'il existe beaucoup de variabilités individuelles et que le fait de reconnaître une situation ou un objet — l'arme d'un crime par exemple — ne fait pas pour autant du suspect un coupable.

Percer le cerveau à jour

Autre technique qui pourrait se diffuser pour détecter le mensonge : l'IRM fonctionnelle. Elle évalue l'activité cérébrale par mesure indirecte de l'afflux d'oxygène sanguin aux neurones, ce qui révélerait l'activité de certaines zones durant le mensonge. Cette technique repose sur le postulat que le cerveau est contraint de fournir un effort supplémentaire pour mentir, engendrant un surcroît d'activité destiné à inhiber la spontanéité ou à inventer une histoire. L'examen consiste donc à comparer les images cérébrales d'un sujet en situation d'honnêteté ou de tromperie. « *Nous observons plusieurs zones qui s'activent dans le cerveau en cas de mensonge* », explique Joel Huizenga, de la société No Lie MRI, l'une des deux entreprises — avec Cephos — à commercialiser ce service aux États Unis et qui l'a déjà utilisé au tribunal. Pourtant, là encore, Olivier Oullier demeure très sceptique. Il souligne que, outre le peu d'études et leur grande hétérogénéité, « *les réseaux spécifiques identifiés en IRM fonctionnelle sont variables en fonction de l'objet du mensonge. Il semble donc difficile d'en identifier précisément un* ».

Si les technologies existent, aucune n'est donc totalement au point. Autant dire que les menteurs ont encore de beaux jours devant eux. ■ @Elenasender

Gérard Berry, chercheur en informatique

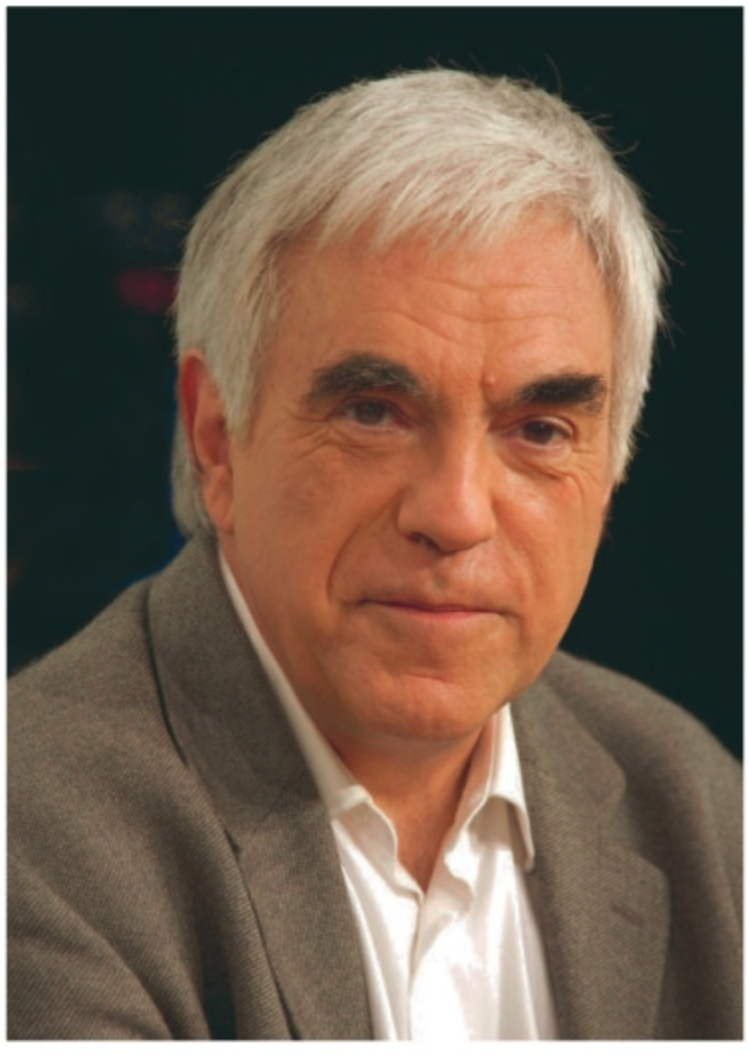
Pédagogue du numérique

Ce pionnier de la programmation, médaille d'or 2014 du CNRS, milite pour une meilleure reconnaissance de sa discipline.

C'EST L'HOMME QUI PARLE AUX OBJETS, lesquels en retour lui obéissent. Ils peuvent s'appeler avion, hélicoptère, ascenseur ou machine à café, peu importe. Car, en dehors du petit cercle de ses collaborateurs, nul ne le sait, mais les objets sont... polyglottes. Ils comprennent notamment l'Esterel, langage inventé par ce pionnier des recherches en informatique, et très bientôt le Hip Hop (rien à voir avec la breakdance !) qu'il développe en ce moment. L'élaboration de chaque dialecte nécessite un patient travail de grammaire, de sémantique et de codage, pour parvenir à dialoguer avec ces représentants du monde inanimé. Le tout grâce à « une nouvelle manière de penser », fruit du numérique.

« Lorsque l'on parle du numérique, la plupart des gens pensent à l'ordinateur, explique Gérard Berry. *Rien de plus faux ! Le numérique est une nouvelle manière d'organiser l'information, de communiquer, c'est une science en soi. Aujourd'hui tous les objets qui nous entourent sont numériques, des transports à l'industrie des loisirs et à l'électroménager. Demain, ils seront tous connectés : le réveil pourra mettre en marche la machine à café et la voiture ira faire le plein toute seule.* » C'est grâce à cette nouvelle approche que Gérard Berry a innové là où personne ne s'y attendait, ce qui a laissé la communauté scientifique souvent ébaubie. Ses idées ont fait naître des concepts qui font la fierté du « *made in France* », comme ses logiciels qui équipent aujourd'hui avions de ligne et hélicoptères.

Sa discipline — l'informatique au sens large — ne se range pas dans les champs classiques de la science et la France, plus habituée au latin qu'à l'Esterel, l'a longtemps boudée. « *Mais les choses sont en train de changer* », dit l'intéressé. La preuve : il a reçu la médaille d'or 2014 du CNRS, la plus haute distinction scientifique française, antichambre du Nobel. Et il y a deux ans à peine, le Collège de France a créé pour lui la première chaire « Algorithmes, machines et langages ». Sa leçon inaugurale* est l'un des cours les plus écoutés du Collège. « *Ma présentation n'était pourtant que l'adaptation d'un cours destiné aux élèves de 6 à 9 ans des écoles Montessori* », explique avec malice celui qui est longtemps intervenu au sein de ces institutions privilégiant une autre pédagogie.



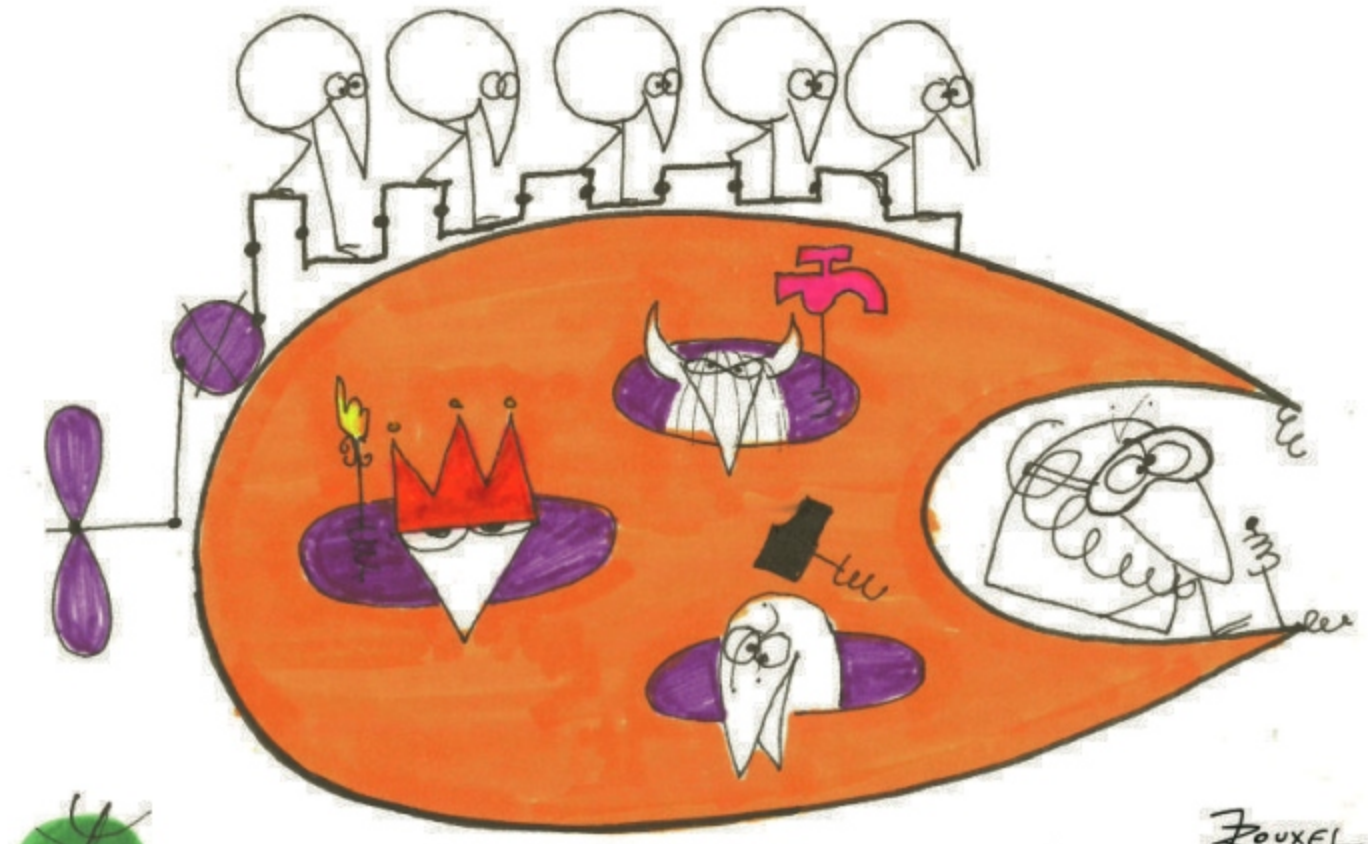
IBO / SIPA

BIO EXPRESS

1948 Naissance.
1973 Diplômé de l'École polytechnique et de l'École des mines de Paris.
1979 Thèse d'État en mathématiques et médaille de bronze du CNRS.
1980 Développe le langage Esterel.
2001-2009 Directeur scientifique d'Esterel Technologies.
2005 Grand prix de la fondation EADS.
2009-2012 Directeur de recherche à l'Inria.
Depuis septembre 2012 Professeur au Collège de France.
2014 Médaille d'or du CNRS.

Enseigner la programmation dès la maternelle

C'est donc en fin connaisseur de la psychologie des enfants qu'il n'a cessé de plaider auprès des différents ministres de l'Éducation nationale la nécessité d'enseigner le numérique et la programmation dès la maternelle, comme cela se pratique au Royaume-Uni. « *Sans quoi les citoyens de demain ne seront que des consommateurs et non des inventeurs ou décideurs* », insiste-t-il. D'autant que « *l'informatique parle aux non-scientifiques* », loin de la sélection exercées par les mathématiques. Ce polytechnicien, fils d'un commissaire de police et d'une prof de maths a très vite manifesté le désir de sortir du rang, sans attrait pour les postes de haut fonctionnaire, navi-



guant entre public et privé, industrie et recherche. *« Il est un exemple de ce que peut être la "belle science informatique" conciliant résultats fondamentaux du meilleur niveau et création d'entreprises »*, explique Antoine Petit, P-DG de l'Inria, l'Institut national de recherche en informatique et automatique. Pour lui, la programmation doit s'adapter à l'environnement de la machine, avec un temps de réponse garanti et un comportement prévisible en toute situation. *« Pour s'assurer qu'un ascenseur ne fonctionnera jamais la porte ouverte, par exemple, on peut tester tous les boutons, mais le langage synchrone, lui, doit apporter la preuve formelle qu'un tel bug est impossible. »*

Si un tel programme, déjà à l'œuvre dans l'aéronautique, l'était dans les voitures, il éviterait bien des pannes, mais ferait grimper le prix du véhicule... à cause du coût de la matière grise. *« J'ai eu l'idée de ces langages en quelques jours... mais le développement m'a pris cinquante ans »*, reconnaît Gérard Berry. Aujourd'hui, son intérêt se porte sur la « programmation diffuse » à travers le langage Hip Hop qui permet de gérer les interactions entre objets connectés. Comment chacun d'entre eux doit-il établir une hiérarchie lorsqu'il reçoit deux ordres simultanément ? Voilà l'une des questions à résoudre pour que la machine à café ne perde pas la tête lorsqu'elle est sollicitée par le réveil !

Gérard Berry aime partager son savoir avec les enfants dont la fraîcheur est une source inépuisable d'inspiration. Ainsi cette petite fille qui, ne retrouvant plus sa maman, pleure au milieu de la foule : *« Vous n'auriez pas vu une dame sans moi ? »*, demande-t-elle. Une question ni absurde ni erronée du point de vue de la logique... De même, l'informaticien plonge souvent avec délice dans l'univers des Shadoks et conserve le poste très envié de *« Régent de déformatique »* au Collège de pataphysique, cette *« société de recherches savantes et inutiles »* vouée à la *« science des solutions imaginaires et des exceptions »*. Et lorsqu'on le regarde avec des yeux exorbités, Gérard Berry reprend son bâton de pédagogue : *« L'informatique c'est la science de l'information, la déformatique... c'est le contraire ! »* Et il a fait sienne la devise de la pataphysique : *« s'appuyer sur les principes jusqu'à ce qu'ils cèdent »*. Après tout, n'est-ce pas ainsi que l'on se libère des contraintes pour inventer ? ■ **Azar Khalatbari**

Passionné par les Shadoks, l'informaticien est un membre éminent du Collège de pataphysique qui se voue à la *« science des solutions imaginaires et des exceptions »*.

« Il est un exemple de la "belle science informatique" conciliant résultats fondamentaux du meilleur niveau et création d'entreprises »

Antoine Petit, P-DG de l'Institut national de recherche en informatique et automatique (Inria)

* « Pourquoi et comment le monde devient numérique ? », sur http://sciav.fr/815berry

AAA PRODUCTION 2014

FORMAT DE CAPTEUR Il correspond aux dimensions du capteur. 24 x 36 mm pour le plein format (reflex haut de gamme), 23,6 x 15,7 mm pour l'APS-C (reflex et certains appareils hybrides), 17,3 x 13 mm pour le micro 4/3 (hybrides et certains compacts).

SENSIBILITÉ Capacité du capteur à collecter des photons. Plus ses photosites sont grands, plus il capte de photons et plus il sera performant en faible lumière.

PHOTOSITE Unité élémentaire de la surface du capteur. Il est chargé de convertir les photons reçus en électrons. Leur nombre correspond à la définition du capteur. 24 millions de pixels signifient 24 millions de photosites.

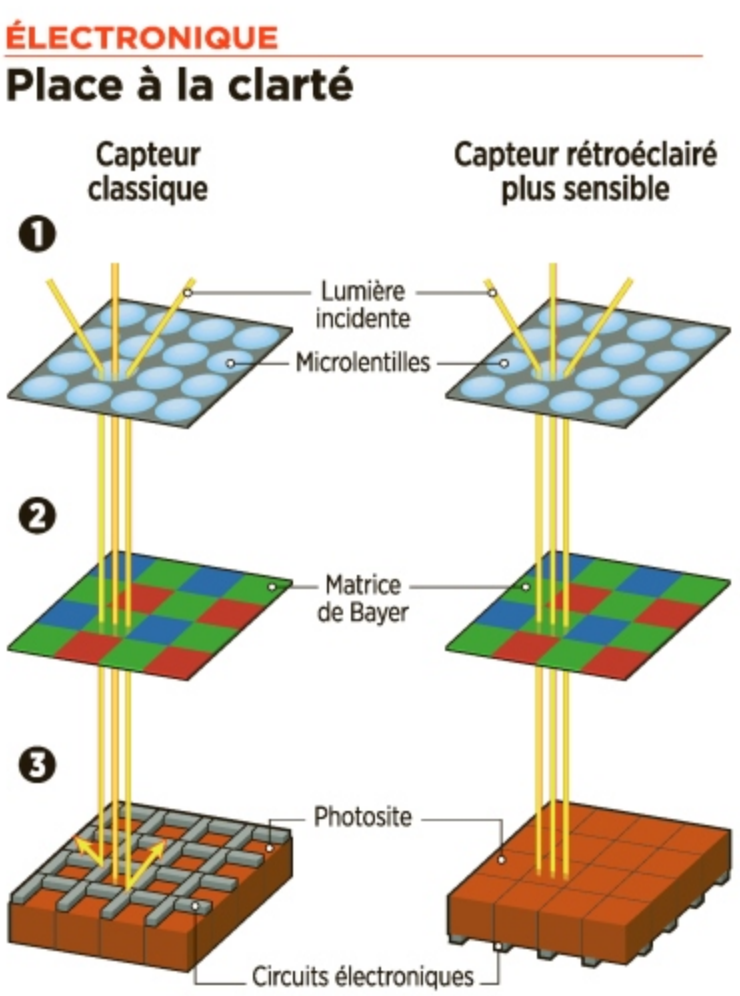
De bonnes images, même la nuit

Concilier haute résolution d'image et sensibilité en faible condition de luminosité, c'est le nouveau défi technologique des constructeurs d'appareils photo. Gros plan sur ces capteurs innovants.

L'ANNONCE A CRÉÉ LA SURPRISE du printemps dernier dans le monde de la photo : un appareil plafonnant à 12 mégapixels ! Alors que les constructeurs sont lancés depuis une décennie dans la course à une meilleure définition de l'image, voilà que Sony semblait innover à rebours en proposant son « 7s » muni d'un capteur à « seulement » 12 mégapixels (Mpx), là où la norme est plutôt à 20 Mpx. Le géant japonais de l'électronique aurait-il cédé à la mode du *vintage* ? Pas vraiment ! La faible résolution — toute relative — de son capteur cache en fait une nouvelle déclaration de guerre, celle de la sensibilité à la lumière, c'est-à-dire aux photons, ces particules élémentaires qui sont les ingrédients de base de la photographie. L'enjeu est désormais de faire des images avec la meilleure résolution possible en faible condition de lumière, voire en pleine nuit.

Pour bien comprendre le pari technologique de Sony, il faut revenir au fonctionnement d'un capteur *(voir l'infographie ci-contre)*. Son rôle est simple : capter les photons — ces grains de lumière — qui arrivent de la scène à photographier ou filmer.

ÉLECTRONIQUE
Place à la clarté



La lumière (photons) tombe sur les microlentilles qui la concentrent ❶. Elle traverse une matrice de Bayer (mosaïque de filtres verts, rouges et bleus) qui restitue les couleurs ❷. Elle tombe sur un photosite qui transforme le signal lumineux en signal électronique utilisable par l'appareil numérique. Plus grand (à droite), car les circuits électroniques ont été placés dessous et libèrent de la place, le photosite reçoit plus de photons. Résultat : le capteur rétroéclairé est plus sensible à la lumière que le capteur classique ❸.

Puis convertir ce signal lumineux en courant, c'est-à-dire en électrons qui vont eux-mêmes servir à constituer les données numériques, sous forme de « bits ». Ces données seront ensuite traitées par le microprocesseur de l'appareil chargé de reconstruire au mieux une image de la scène.

Augmenter la taille des photosites

Sur le capteur, ce sont les photosites qui opèrent la conversion des photons en électrons et c'est leur nombre qui correspond à la résolution du capteur : ainsi, les 12 Mpx annoncés par le 7S de Sony signifient que l'appareil possède 12 millions de photosites. Plus ces derniers sont grands, plus ils captent de photons... et plus ils sont donc performants en basse lumière. En conséquence *« un capteur de 12 Mpx sera plus sensible qu'un capteur de même dimension à 36 Mpx »*, confirme Édouard Schmitt, chef de produit reflex chez Sony.

Augmenter la taille des photosites — tout en conservant une excellente résolution — apparaît comme le nouvel enjeu stratégique du secteur. La première solution choisie pour y parvenir est d'agrandir la taille des capteurs.

Cette photo a été prise de nuit à 25 600 ISO, une sensibilité très élevée. Le « bruit numérique » est alors très marqué, rendant la photo inutilisable.

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Après traitement avec un logiciel photo embarqué (DXO Optics Pro, Adobe Lightroom...), le bruit est atténué et l'image devient exploitable.

Ainsi, la plupart des appareils reflex sont actuellement au format APS-C (environ 24 x 16 mm) mais de plus en plus sont équipés du capteur dit plein format (24 x 36 mm). Chez Canon, le secret sur ces changements est bien gardé, mais quelques signes ne trompent pas. En 2013, le groupe japonais a ainsi présenté un prototype de caméra équipée d'un capteur dont les photosites étaient 7,5 fois plus grands que ceux équipant le EOS-1D X, un modèle destiné aux professionnels (6000 €) et qui présentait jusque-là les plus grands photosites de la gamme. Dans une vidéo, l'appareil se montrait capable de restituer l'image d'un visage éclairé à la seule lueur de trois bâtons d'encens. *« Nous n'avons pas d'informations sur ce que prépare Canon au Japon, mais je pense que le marché va tendre vers des reflex équipés de capteurs avec des photosites de plus en plus grands »*, estime Pierre Bourdoiseau, chef de produit reflex chez Canon France. Une autre alternative serait de proposer des capteurs plus grands, ce qui permettrait de gagner en sensibilité mais aussi en pixels.

Ces évolutions sur la sensibilité des capteurs permettront de s'affranchir davantage du « bruit numérique », ces petits grains colorés qui parasitent les images quand la lumière vient à manquer. L'absence de photons se traduisant par un manque d'information pour l'appareil, celui-ci doit en effet « inventer » — en amplifiant artificiellement le signal lumineux — pour construire l'image dans son intégralité, ce qui produit ce bruit. Et moins il y a de lumière, plus il faut amplifier le signal... Cette amplification correspond sur l'appareil à l'échelle dite des ISO (100, 200, 400, 800, etc.) qui ne cesse de croître avec l'évolution de la sensibilité des capteurs. *« En 2000, les premiers appareils numériques grand public produisaient des images "correctes" à 100 ISO avec un capteur APS-C de 4 Mpx à peine. À 400 ISO, l'image devenait inexploitable. En une dizaine d'années, le nombre de pixels a été multiplié par six et les capteurs sont dix fois plus sensibles à la lumière »*, rappelle Pierre Bourdoiseau.

Aujourd'hui, certains boîtiers photographient sans bruit visible à 3200 ISO voire au-delà. Le 7S de Sony et le modèle professionnel D4S de Nikon permettent à l'utilisateur de monter jusqu'à 409 600 ISO. Certes, à ce niveau d'amplification, l'image est très parasitée, mais elle est acceptable jusqu'à 102 400 ISO, à condition cependant de traiter ce « bruit ». ▸

POUR EN SAVOIR PLUS

- Vidéo réalisée en pleine nuit avec un Sony 7S : **http://sciav.fr/815nuit**
- Vidéo utilisant un capteur expérimental, montrant la possibilité de distinguer un visage et un buste éclairés par trois bâtons d'encens : **http://sciav.fr/815capteur**
- Vidéo de lucioles en pleine nuit, avec un capteur haute sensibilité : **http://sciav.fr/815lucioles**

COURTESY BOURDOISEAU

« En une dizaine d'années, le nombre de pixels a été multiplié par six et les capteurs sont dix fois plus sensibles »

Pierre Bourdoiseau, chef de produit reflex, Canon France

ARMEMENT

La vision nocturne, un enjeu clé pour les militaires

Agir la nuit peut procurer un avantage déterminant pour les militaires. Ils ont donc depuis des années adopté des systèmes de vision nocturne sur leurs équipements (jumelles, viseur, casque de pilote, caméra, etc.). La technologie la plus courante est le tube intensificateur de lumière (IL). Ce système reçoit les photons résiduels provenant de l'environnement éclairé par la Lune et les étoiles, sur une photocathode qui en réponse éjecte des électrons dans un tube à vide. *« Ces électrons sont accélérés voire multipliés ce qui revient à multiplier par 100 à 1000 le signal lumineux »*, précise Thierry Dupoux, directeur de la recherche et technologie chez Sagem. Ils frappent ensuite un écran au phosphore qui scintille pour produire une image en dégradé de vert reproduisant la scène. Deuxième approche, l'infrarouge (IR). Chaque corps émet un rayonnement infrarouge lié à sa température. Ces photons sont collectés et convertis en électrons par un capteur sensible à ce type de rayonnement. Les électrons serviront là encore à reconstruire l'image de la scène. Les équipements infrarouges sont utilisés de jour comme de nuit et jusque dans l'obscurité totale quand il n'y a plus de lumière provenant de l'environnement, dans une cave fermée par exemple. Enfin, les militaires utilisent aussi des technologies qui éclairent la scène avec une source laser invisible à l'œil mais à laquelle est sensible le capteur. C'est un peu le principe du flash photographique sauf que les performances sont bien supérieures. *« Nous pouvons, par exemple, lire une plaque d'immatriculation à un kilomètre de distance, identifier une silhouette humaine à plusieurs kilomètres »*, précise Thierry Midavaine, expert optronique chez Thales.

SAGEM

Cette image infrarouge est issue de jumelles de vision nocturne révélant la présence d'une personne à plus de 500 mètres.

Et c'est justement grâce à ce traitement que la faiblesse des capteurs peut être compensée. Cette opération se fait par le logiciel de l'appareil lors de la prise de vue et/ou sur un ordinateur avec des logiciels spécifiques après la prise de vue. Les deux grands spécialistes du domaine sont le géant américain Adobe avec ses logiciels Lightroom et le célèbre Photoshop, ainsi que le « petit » français DXO, réputé pour les performances de son Optics Pro dont la version 10 a été dévoilée en octobre dernier. DXO est même connu pour concevoir — dans le plus grand secret — les logiciels de traitement d'image des appareils et smartphones de grands fabricants. Ces logiciels portent donc une attention particulière à la gestion du bruit. *« Toute la difficulté est de le rendre le plus agréable possible. Et ce qui plaît aujourd'hui aux utilisateurs, ce sont des grains très fins et non colorés »*, explique Fréderic Guichard, directeur scientifique de DXO. De tels traitements exigent des calculs considérables et des algorithmes toujours plus perfectionnés : *« Dans l'appareil, le logiciel doit effectuer plus de 1000 opérations par pixel. Ce qui impose d'embarquer des processeurs dédiés au traitement de l'image, capables de produire 500 milliards d'opérations par seconde »*, précise l'expert.

Le logiciel reconstitue des informations manquantes

Ces opérations consistent à rechercher, pour chaque point, tous ceux qui lui ressemblent dans l'image afin d'établir une moyenne et réduire ainsi le bruit. Par ailleurs, les ingénieurs exploient la répétition de motifs dans la nature — lignes, cercles, etc. Ainsi, lorsqu'une partie de ces informations est manquante en raison du bruit, le logiciel la reconnaît et peut alors la reconstruire. Mais l'image ne doit pas être trop « lissée » par ces opérations, c'est-à-dire lui faire perdre trop de détails, ce qui créé du flou. Pour y parvenir, les logiciels procèdent à une analyse différente selon les zones. *« Dans les parties uniformes qui ne comportent pas de détails, comme un mur blanc, la réduction du bruit est maximale. Ailleurs, sur les visages par exemple, l'intervention est moindre »*, explique Marco Cucinato, ingénieur spécialiste du traitement de l'image chez Adobe.
D'ici à quelques années, les appareils pourraient « voir » aussi bien la nuit que le jour. À une condition : qu'il subsiste au moment de la prise de vue un petit morceau de Lune ou des étoiles pour renvoyer quelques photons indispensables. Sans photons, pas de photo ! ■

Olivier Hertel
@OlivierHertel

DAVID DEWHURST/TOYOTA

Après un plein d'hydrogène, la Toyota Mirai, mue par sa pile à combustible, ne rejette que de l'eau.

La voiture à hydrogène met les gaz

Toyota lance un modèle à moteur électrique alimenté par une pile à combustible. Le signe d'un nouveau départ pour cette énergie non polluante ? Explications.

Quand Toyota, deuxième constructeur mondial, décide de commercialiser un « ovni » automobile, on peut s'attendre à un bouleversement du secteur. Il suffit de se rappeler comment l'arrivée en 1997 de son modèle à motorisation hybride, la Prius, a transformé le marché... Cette fois, le japonais lance la Mirai, la première voiture à pile à combustible destinée aux particuliers. Cet engin non polluant, qui fonctionne à l'hydrogène, est disponible depuis décembre au Japon et arrivera en septembre prochain aux États-Unis et dans certains pays d'Europe, mais pas en France.

L'annonce de Toyota pourrait susciter un regain d'intérêt de la part des constructeurs hexagonaux qui ont toujours été hostiles à ce type d'énergie. Pour rappel, le dernier démonstrateur de PSA — la 307 FiSyPAC — date de 2009. Et encore, la pile à combustible embarquée servait juste à prolonger l'autonomie des batteries de cette voiture 100 % électrique. Mais dans leurs déclarations récentes, Carlos Ghosn, à la tête de Renault-Nissan et Louis Gallois, président du conseil de surveillance de PSA, semblent s'enthousiasmer pour l'hydrogène.

AFP

Volkswagen serait aussi prêt à passer à l'hydrogène.

HYUNDAI

La Hyundai ix35 Fuel Cell est réservée aux entreprises.

Un regain d'intérêt soudain et justifié. La voiture à hydrogène ne rejette en effet que de l'eau, donc aucun polluant. Elle utilise un moteur électrique alimenté par une pile à combustible qui convertit l'hydrogène en électricité. Et elle dispose d'une autonomie de 400 à 700 km, soit trois à cinq fois plus que la plupart des voitures électriques déjà commercialisées. Que des avantages donc... si ce n'est quelques « petits » détails qui fâchent.

Un réseau de 100 stations d'ici à 2017

D'abord le prix, même si celui-ci sera amené à baisser en fonction du succès du modèle : environ 60 000 € pour la Mirai. Le réseau de stations d'hydrogène, ensuite, quasi inexistant dans le monde. Une rareté longtemps entretenue par le syndrome de l'œuf et de la poule : pas de voiture à hydrogène, pas de station ; pas de station, pas de voiture à hydrogène. *« Mais cette logique est en train de se briser grâce à la constitution de consortiums qui visent à développer la filière,* explique Pierre-Étienne Franc, directeur Marchés et Technologies avancés d'Air Liquide. *En Allemagne, le programme H2 Mobility Germany réunit ainsi des gaziers dont Air Liquide, des constructeurs et des pétroliers, avec pour objectif de mettre en place un réseau de 100 stations d'ici à 2017. Et ce réseau devrait monter jusqu'à 400 stations en 2023 si les constructeurs automobiles développent la commercialisation de voitures à hydrogène. »*

Reste un dernier problème à résoudre, l'origine de l'hydrogène. Aujourd'hui, il est essentiellement produit par vaporeformage du méthane, une technique qui émet du CO_2 et utilise une ressource fossile. Mais techniquement il est tout à fait possible de le produire à partir de biométhane ou par électrolyse de l'eau alimentée par des énergies renouvelables comme l'éolien. En japonais, *mirai* signifie futur. Et si finalement, la voiture à hydrogène c'était pour tout de suite ? ■

Olivier Hertel

CONTEXTE L'analyse d'une météorite martienne tombée le 18 juillet 2011 dans la région de Tissint, au sud du Maroc, montre qu'elle contient des molécules organiques, peut-être d'origine biologique.

A-t-on la preuve d'une vie passée sur Mars ?

PHOTOS : NASA/JPL CALTECH/CORNELL UNIV./ARIZONA STATE UNIV. - A. HERZPG/EPFL

Composée de molécules organiques, la météorite de Tissint (en haut à droite) provient du sol martien (ici une image prise en août 2014 par le rover Opportunity lors de son exploration), comme l'ont confirmé les analyses.

EXOBIOLOGIE La météorite de Tissint, tombée en 2011 au sud du Maroc, livre de passionnants secrets. Tout d'abord, les chercheurs ont confirmé qu'elle provient bien de la planète Rouge en analysant finement sa composition. *« La roche présente un profil très pauvre en terres rares "légères" [scandium, lanthane, cérium...] caractéristique des roches que l'on trouve à la surface de Mars »*, décrivent les auteurs de l'étude, une équipe internationale de chercheurs.

Ils ont ensuite débusqué à l'intérieur de fissures, au plus profond du cœur de la roche, des molécules organiques. Celles-ci contiennent du carbone et de l'hydrogène, associés ou non à d'autres composés. Or pratiquement toutes les molécules issues d'une activité biologique sont des molécules organiques. *« La découverte de telles molécules constitue donc un indice, mais pas pour autant une preuve de l'existence d'une vie »*, relativise Michel Viso, exobiologiste au Cnes (Centre national d'études spatiales). Ces molécules auraient-elles pu se loger dans la météorite au moment de sa chute sur Terre ? *« La contamination terrestre des roches martiennes est un problème majeur dans ce type d'études »*, reconnaissent les auteurs. Mais pas ici car cette météorite présente l'avan-

CONTEXTE Une étude américaine révèle que le cerveau des adolescents cesse de prendre en compte le point de vue de leur mère lorsqu'ils entendent des reproches.

Pourquoi les ados n'écoutent-ils pas leur mère ?

NEUROSCIENCES Dans une étude récemment publiée par *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, un groupe de chercheurs américains a demandé à 32 adolescents et préadolescents (22 filles et 10 garçons âgés de 14 ans en moyenne) d'écouter des clips de 30 secondes dans lesquels leur mère leur faisait des reproches et parlait d'événements de la vie quotidienne. Pendant l'expérience, les scientifiques ont fait passer un scanner aux jeunes gens pour observer différentes régions cérébrales. Sans grande surprise, lorsque ceux-ci entendaient leur mère les critiquer, les zones cérébrales associées aux émotions négatives étaient bien plus actives que lorsqu'ils l'écoutaient parler de choses et d'autres. Mais, de manière plus étonnante, le cerveau montrait également une activité plus réduite dans les zones impliquées dans la régulation des émotions et la compré-

tage d'être « fraîche » : elle est tombée en 2011 et a été récupérée trois mois à peine après sa chute. Un temps que les chercheurs estiment trop court pour que des molécules organiques aient pu s'infiltrer aussi profondément dans les plus petites fissures de la roche. « *De plus, une telle insertion nécessite l'action de l'eau* », écrivent les chercheurs. Or l'eau est relativement rare dans l'environnement aride du désert marocain.

Des composés organiques d'origine biologique

La matière organique découverte est un « kérogène », c'est-à-dire une sorte de goudron contenant des composés tels que du carbone et de l'hydrogène mais également de l'azote, de l'oxygène, du chlore, du fluor, du soufre et du phosphore. Les chercheurs ont mesuré le rapport entre la quantité d'hydrogène et de l'un de ses isotopes naturels, le deutérium. Ils ont constaté une grande richesse de cet élément « *caractéristique des matériaux que l'on retrouve habituellement sur Mars* ». Une preuve supplémentaire de l'origine de cette matière organique. Mais comment s'est-elle formée ? S'agit-il d'une simple suite de réactions chimiques ou du résultat d'une activité biologique caractéristique de la vie ? Selon Philippe Gillet, chercheur à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (Suisse) et coauteur de l'étude, le scénario le plus probable est que ce kérogène ait été déposé à basse température dans ces fissures près de la surface de Mars, par infiltration d'un liquide riche en composés organiques… d'origine biologique. Un avis soutenu par l'analyse des quantités respectives des isotopes du carbone. Le carbone existe sous forme de plusieurs isotopes : ^{12}C et ^{13}C (stables), ^{14}C (radioactif). Or, dans le monde vivant, les cellules photosynthétiques ont tendance à fixer plus facilement le carbone 12. De ce fait, au fil de la vie d'une plante, la proportion de ^{12}C augmente petit à petit.

L'observation d'un tel décalage dans le rapport isotopique de la matière organique plaide pour la signature d'une activité biologique. Si ces scientifiques ont raison, cela signifie que Mars a bien accueilli, dans son lointain passé, une forme de vie semblable à celle que nous connaissons aujourd'hui sur la Terre. ■ **Erwan Lecomte**

@Erwan_Lecomte

hension du point de vue des autres. La preuve pour les chercheurs que « *les jeunes arrêtent de faire fonctionner leur processus de sociabilité et la compréhension de l'état d'esprit de leurs parents, en réponse aux critiques maternelles* ». Ce qui pourrait expliquer selon eux « *la fréquence élevée de conflits entre les parents et les ados* ».

Cette étude largement médiatisée montre des limites, notamment le manque d'instructions claires aux participants, ce qui ne permet pas de connaître leur degré d'attention à ces instructions. De même, seuls les reproches maternels ont été pris en compte et on peut s'interroger sur les résultats si les critiques avaient émané des pères. Que peut-on donc en retenir ? « *Lorsque les parents critiquent les adolescents, ces derniers peuvent éprouver une forte réaction émotionnelle négative, avoir des difficultés cognitives à contrôler cette émotion et trouver difficile de comprendre le point de vue de leurs parents* », notent les auteurs. Ce que bien des parents avaient déjà remarqué… ■ **Lise Loumé**

@Lys_Loume

ISSEI KOTO/REUTERS

Un barrage policier interdit l'accès à la zone autour de Fukushima, après la catastrophe nucléaire, en 2011.

LE CHIFFRE DU MOIS

5, 20, 100

Jadis banni de la psyché collective, l'accident nucléaire est finalement devenu envisageable après Tchernobyl, en 1986, et Fukushima, en 2011. La question est officiellement posée et des propositions émergent, au niveau européen, à lire sur le site de l'Autorité de sûreté nucléaire française (ASN) : *« l'évacuation des populations devrait être préparée jusqu'à 5 km autour des centrales nucléaires, et la mise à l'abri et l'ingestion de comprimés d'iode stable jusqu'à 20 km »*. Par ailleurs, *« une stratégie globale devrait être définie pour être capable d'étendre, si nécessaire, l'évacuation jusqu'à 20 km et la mise à l'abri et l'ingestion de comprimés d'iode stable jusqu'à 100 km »*. En France, selon la « doctrine post-accidentelle » préconisée par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), trois zones sont envisagées : la première, dite de périmètre d'éloignement, devra être évacuée, en raison de la présence de radiations létales ou trop menaçantes pour la santé. Une évacuation qui devrait différer selon la « cinétique » de l'accident. Si les rejets risquent d'avoir lieu dans les six heures, des mesures de protection immédiates devront être prises *« sur 2 km autour de la centrale »* — en commençant par un confinement dans les habitations afin d'éviter d'évacuer sous le panache radioactif. Mais pour des rejets entre un et deux jours après le début de la crise, on évacuera le plus vite possible et jusqu'à… 10 km. Difficile ensuite de dire jusqu'où s'étendront la zone de « protection des populations » (on peut y vivre mais pas consommer les denrées), puis de « surveillance du territoire ». Belle querelle de chiffres en perspective. ■ Dominique Leglu

Retrouvez le blog de Dominique Leglu sur sciencesetavenir.fr

LES ENCEINTES POUR ORDINATEUR

Par Henri-Pierre Penel

Des haut-parleurs adaptés au son numérique

Du fait de leur petite taille, les ordinateurs portables sont incapables de restituer toutes les nuances de la musique. D'où l'intérêt de les équiper d'enceintes externes « amplifiées ».

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Pourquoi équiper son ordinateur d'enceintes spécifiques ?

Les haut-parleurs des ordinateurs, en particulier des portables, ont un très faible diamètre afin de limiter leur encombrement. S'ils suffisent pour écouter la bande-son d'une vidéo ou appeler un correspondant par un logiciel téléphonique du type de Skype, ils ne peuvent restituer correctement les graves. Impossible donc d'écouter de la musique dans de bonnes conditions ou de profiter de l'ambiance sonore d'un film.

Pourquoi les préférer à des modèles conventionnels ?

Les enceintes conventionnelles, comme celles qui équipent les chaînes hi-fi, sont des éléments passifs qui transforment une tension électrique en vibrations sonores : il est impossible de les connecter directement à un baladeur, un ordinateur ou tout autre appareil sans leur associer un amplificateur. Les enceintes dites amplifiées (présentées ici), disposent d'un amplificateur intégré. Il s'agit d'un circuit électronique, numérique ou non, chargé d'augmenter la tension et la puissance du « signal électrique » correspondant à la musique afin de le rendre exploitable.

Quelles caractéristiques techniques faut-il retenir ?

Le paramètre primordial est la « bande passante » : elle précise la plage de fréquences — de l'extrême grave à l'aigu — que peuvent reproduire les enceintes. Idéalement, celle-ci doit s'étendre de 20 Hz à 20 kHz car plus elle est vaste, surtout vers le grave, meilleure est l'écoute. La puissance, qui fixe le niveau sonore maximal d'écoute, est aussi à pendre en compte en fonction de la taille de la pièce et de l'utilisation des enceintes.

Le caisson de grave est-il indispensable ?

Si les enceintes, même de faible volume, offrent un grave correct grâce à une membrane spécifique, l'ajout d'un caisson procure une meilleure assise à la restitution. Un point perceptible sur les musiques qui exploitent le bas du spectre audible, donc les fréquences les plus graves (électro, musiques urbaines, reggae...), et sur les jeux vidéo dont la bande-son fait souvent appel aux graves. Pour un rendement optimal, le caisson doit être posé au sol, ce qui peut-être être jugé inesthétique et nécessite de la place.

Comment les raccorde-t-on à l'ordinateur ?

En fonction du modèle, deux connexions sont possibles. La première utilise l'entrée analogique dont toutes les enceintes sont pourvues. La prise jack de

CONNECTIQUE

Peuvent-elles se substituer à une chaîne hi-fi ?

La qualité du son que délivrent les enceintes pour ordinateur les plus évoluées n'a que peu de chose à envier à celle qu'offre une mini-chaîne. Pour les utilisateurs de streaming — l'écoute de musiques piochées « en direct » sur Internet —, des enceintes amplifiées de bonne qualité peuvent donc se substituer à un équipement plus conventionnel. Cependant, elles ne peuvent rivaliser avec un équipement haut de gamme susceptible de satisfaire pleinement un mélomane ou un audiophile. La connectique fait aussi la différence. Même si certaines enceintes amplifiées possèdent une connexion Bluetooth pour étendre leur champ d'action, elles se connectent uniquement aux baladeurs et téléviseurs et non simultanément à un lecteur de CD, un récepteur FM ou une platine vinyle. Une chaîne hi-fi leur est donc préférable dans ce cas.

3,5 mm — fournie à l'achat — se connecte à la sortie casque de l'ordinateur ou à celle de la « carte son » sur un portable. La seconde passe par un câble USB dont seules les enceintes « haut de gamme » sont équipées car cette connexion implique la présence d'un convertisseur numérique interne, ce qui élève le coût de fabrication. Cette connexion permet d'accéder au flux numérique directement issu du disque dur. Sur les modèles les plus évolués, le convertisseur numérique exploite les fichiers audio haute définition (Audio High-Res).

Comment les disposer ?

Pour restituer correctement la stéréo, les enceintes doivent être placées de part et d'autre de l'écran et le caisson de grave, s'il est présent, posé au sol. Cependant, si les enceintes sont utilisées comme chaîne hi-fi pour écouter de la musique, il est possible de les espacer plus largement au risque d'une restitution moins convaincante de l'ambiance stéréo lorsque l'on prendra place devant l'écran pour regarder une vidéo.

Leur utilisation est-elle limitée à l'ordinateur ?

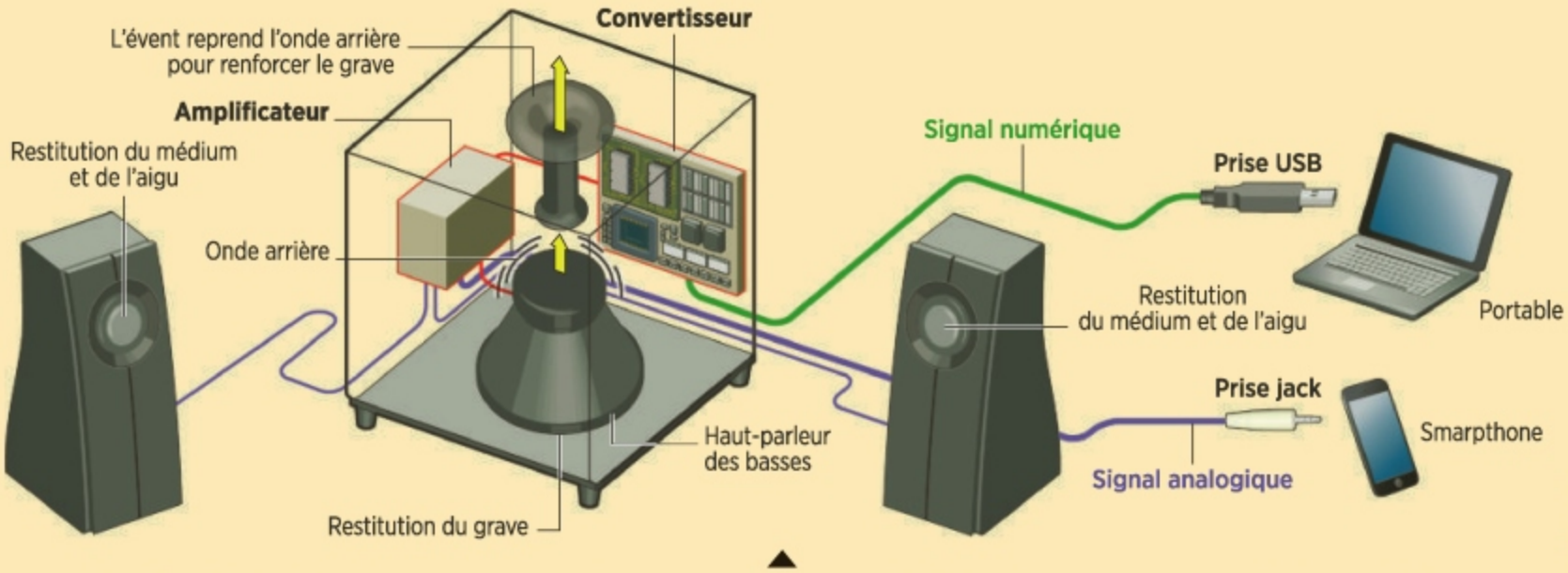
Grâce à leur entrée analogique, ces enceintes peuvent se connecter à un baladeur, un lecteur de CD, une console de jeux ou tout autre élément pourvu d'une sortie casque. Par ailleurs, certains modèles, comme le système CEOL de Denon, disposent aussi d'une entrée numérique optique. Elle sera appréciable sur un téléviseur, par exemple.

Faut-il toujours les brancher sur le secteur ?

À l'exception des enceintes JBL Pebble et des petites T'nB 2.0 qui s'autoalimentent sur la prise USB de l'ordinateur, toutes les enceintes doivent être raccordées au secteur pour bien fonctionner. En effet, la puissance disponible sur une prise USB, limitée à quelques watts, est insuffisante, surtout pour le caisson de grave gourmand en énergie.

Banc d'essai pages suivantes ▶

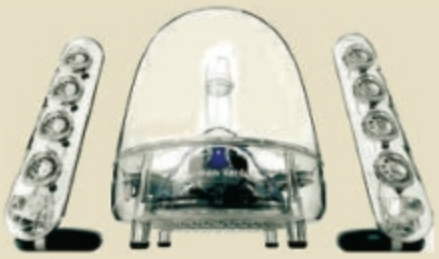
Le caisson de grave pour une écoute plus confortable



La présence d'un caisson, à poser au sol, garantit un grave profond tout en bénéficiant d'enceintes peu encombrantes sur le bureau. Généralement, le caisson héberge l'intégralité de l'électronique. Seul défaut : la présence de câbles vers les enceintes. Souvent, un convertisseur numérique/analogique permet à l'installation de gérer aussi bien les flux analogiques que numériques.

LES ENCEINTES POUR ORDINATEUR

	T'nB HPM20W Master 2.1	**Logitech** Z213	**Hercule** 2.1 Gloss Bluetooth
Prix indicatif	29,90 €	29,99 €	49,99 €
Configuration	2 satellites + caisson	2 satellites + caisson	2 satellites + caisson
Type d'enceintes	Satellites clos, caisson bass reflex	Satellites clos, caisson bass reflex	Satellites clos, caisson bass reflex
Haut-parleurs	2 x 51 mm (satellites), 102 mm (caisson)	2 x 51 mm (satellites), 102 mm (caisson)	Non précisé
Puissance	2 x 4 W + 12 W (caisson de grave)	2 x 1,5 W + 4 W (caisson de grave)	2 x 2,5 W + 5 W (caisson de grave)
Réponse en fréquence	50 Hz à 18 kHz	65 Hz à 20 kHz	Non précisé
Connexions	Entrée analogique sur jack 3,5 mm	Entrée analogique sur jack 3,5 mm	Entrée analogique sur jack 3,5 mm, Bluetooth
Réglages	Volume, niveau de graves	Volume, niveau de graves	Volume, niveau de graves
Télécommande	Non	Commande filaire déportée du volume	Non
Dim. satellites Dim. caisson	104 x 97 x 146 mm 225 x 162 x 222 mm	142 x 79 x 76 mm 183 x 130 x 193 mm	210 x 60 x 60 mm 190 x 130 x 170 mm
Les plus	Prix, faible encombrement	Prix, commande filaire avec sortie casque	Résistance aux intempéries (certification IP 66), protection antivandalisme
L'avis SCIENCES AVENIR	Un petit système qui offre déjà une réelle amélioration de la qualité sonore d'un ordinateur à prix serré.	Un ensemble peu encombrant au design travaillé. Sa puissance modeste le destine essentiellement à l'écoute de musique ou de la bande-son des films en se tenant devant l'écran.	En raison des faibles dimensions du caisson, Hercule conseille de le poser directement sur le bureau, ce qui simplifie l'accès aux réglages.



	Harman Kardon Soundstick Wireless	**Bose** Companion 20	**Denon** Ceol Carino
Prix indicatif	229 €	249 €	349 €
Configuration	2 satellites + caisson	2 enceintes	2 enceintes
Type d'enceintes	Satellites clos, caisson bass reflex	Enceintes à évent accordé	Enceintes à radiateur passif
Haut-parleurs	8 x 25 mm (satellites), 150 mm (caisson)	2 x 70 mm à forte excursion	2 x 60 mm + 2 x 60 mm (radiateur passif)
Puissance	2 x 10 W + 20 W (caisson de grave)	Non précisé	2 x 25 W
Réponse en fréquence	44 Hz à 20 kHz	Non précisé	70 Hz à 20 kHz
Connexions	Entrée analogique sur jack 3,5 mm, Bluetooth	Entrée analogique sur jack 3,5 mm	Entrée USB, analogique sur jack 3,5 mm et Bluetooth
Réglages	Commandes tactiles sur les satellites	Volume, niveau de graves	Volume, choix de la source
Télécommande	Commande filaire déportée du volume	Commande filaire déportée du volume	Télécommande
Dim. satellites Dim. caisson	51 x 51 x 254 mm 232 x 232 x 258 mm	220 x 90 x 150 mm Pas de caisson	98 x 105 x 98 mm Pas de caisson
Les plus	Bluetooth intégré, design industriel original	Qualité des finitions, commande filaire avec sortie casque	Bluetooth intégré, sortie subwoofer
L'avis SCIENCES AVENIR	Une déclinaison en version Bluetooth du célèbre système de Harman Kardon. Outre sa qualité sonore, son design lui a valu d'entrer au Museum of Modern Art (MoMA) de New York.	Le comportement de ses enceintes ravira les adeptes du « son Bose » avec un niveau de grave surprenant eu égard à leur taille réduite.	Même si ces petites enceintes offrent déjà un son grave bien assis, le boîtier principal dispose d'une sortie pour subwoofer. Ce matériel, optionnel, offrira encore plus de profondeur et d'ampleur aux graves.

Philips SPA4355	**JBL** Pebble
50 €	59 €
2 satellites + caisson	Deux enceintes
Satellites, caisson bass reflex	Bass reflex
2 x 63 mm (satellites), 127 mm (caisson)	2 x 50 mm
2 x 6 W + 18 W (caisson de grave)	Non précisée
55 Hz à 18 kHz	70 Hz à 20 kHz
Entrée analogique sur jack 3,5 mm	Entrée USB et analogique sur jack 3,5 mm
Volume, niveau de graves	Volume, niveau de graves
Commande filaire déportée du volume	Non
80 x 187 x 88 mm 190 x 200 x 225 mm	130 x 150 x 70 mm Pas de caisson
Bon rapport qualité/prix, commande filaire avec sortie casque	Enceintes autoalimentées par USB, faible encombrement
Ces enceintes et leur caisson sonoriseront sans peine les jeux vidéo, voire diffuseront de la musique dans de bonnes conditions, du moins à volume raisonnable.	Des enceintes parfaites pour accompagner un ordinateur portable en utilisation nomade. Attention, faute d'alimentation électrique spécifique, elles doivent toujours rester connectées en USB.

Focal XS 2.1	**KEF** X300A
399 €	799 €
2 satellites + caisson	2 enceintes
Satellites clos, caisson bass reflex	Enceintes bass reflex
2 x 80 mm + tweeter 19 mm (satellites), 165 mm (caisson)	Coaxiaux : woofer 130 mm avec tweeter 25 mm
2 x 30 W + 70 W (caisson de grave)	2 x 20 W (tweeter) + 2 x 50 W (woofer)
38 Hz à 20 kHz	49 Hz à 45 kHz
Entrée USB, analogique sur jack 3,5 mm, dock iPod	Entrée USB et analogique sur jack 3,5 mm
Volume, niveau de graves	Volume, balance
Télécommande	Non
320 x 90 x 150 mm 260 x 230 x 370 mm	280 x 180 x 215 mm Pas de caisson
Enceintes satellites deux voies, puissance généreuse pour une belle dynamique	Qualité de la restitution, belles finitions
Grâce à ses enceintes deux voies et son caisson « musclé » cette configuration offre beaucoup de finesse à l'écoute. Elle restituera avec aisance les musiques actuelles et la bande-son de films.	Compatibles avec les flux audio High Resolution, ces enceintes offrent une écoute digne d'une chaîne hi-fi leur configuration coaxiale amplifie les qualités stéréo. Existe en version sans fil (990 €).

TECHNO +

Astell&Kern AK100II

Baladeur très haute-fidélité

Pour les inconditionnels de la très haute fidélité, Astell&Kern propose son baladeur AK100II capable d'exploiter la haute résolution 24 bits/192 kHz. Il faudra lui associer un casque digne de ses qualités, donc lui aussi coûteux...

899 €

Panono Ball camera

Photo panoramique

La Panono n'est pas une balle. Ses 36 caméras lui offrent une vision totale : 360° dans tous les axes. Il suffit de la jeter en l'air pour qu'elle délivre une image comptant 108 mégapixels pour s'immerger dans une réplique virtuelle du réel.

599 €

Eliocity Xee

Bonne conduite

Une fois ce petit boîtier Xee connecté au système de gestion électronique de la voiture par l'intermédiaire d'une prise standard, celle-ci transmet vers le Cloud une multitude d'informations, tant sur sa localisation que sur son fonctionnement. Les applications associées sur smartphone permettent aussi de vérifier son état technique ou d'optimiser sa conduite.

149,90 €

LE CIEL DE JANVIER

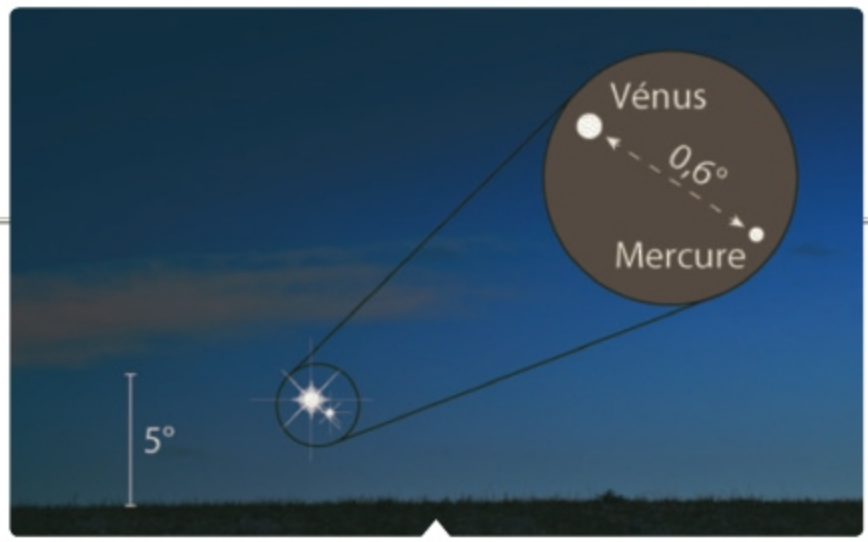
Par Johan Kieken

Où sont les planètes?

MERCURE La petite planète atteint sa distance angulaire maximale à l'est du Soleil le 14, à 19° de ce dernier. Pendant la deuxième semaine de janvier, elle est visible en soirée dans les lumières du crépuscule. Sa proximité de l'étincelante Vénus aide à son repérage. Le 10, Mercure se couche environ 1 h 30 min après notre étoile.

VÉNUS L'étoile du Berger s'éloigne lentement des lueurs du couchant, quoique encore bien basse lorsque l'obscurité s'installe. Vénus se couche 1 h 15 min après l'astre du jour le 1er et 2 h après lui en fin de mois.

MARS La planète Rouge, moyennement brillante, est observable en soirée vers le sud-ouest, dans la constellation du Capricorne puis du Verseau. Entre le 1er et le 31, l'intervalle de temps entre le coucher de Mars et celui du Soleil passe de 3 h 30 à 3 h.

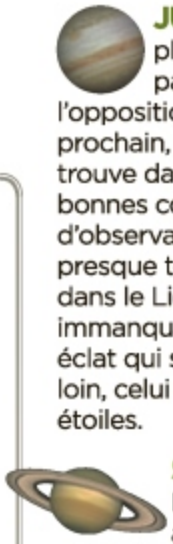


À peine un demi-degré sépare Vénus de Mercure, soit le diamètre apparent de la pleine Lune.

Duo planétaire en soirée

LE SOIR DU 10 JANVIER, observez dans la direction dans laquelle le Soleil s'est couché une heure plus tôt. Juste au-dessus de l'horizon, vous devriez apercevoir un point très brillant. Il s'agit de la planète Vénus. Près d'elle, un point moins éclatant : Mercure, la planète la plus proche du Soleil.

Notre conseil. Il est impératif d'avoir un horizon sud-ouest parfaitement dégagé, car une heure après le coucher du Soleil, la hauteur des deux planètes est inférieure à 5°. Ne limitez pas vos observations à la soirée du 10. En effet, pendant une semaine autour de cette date, il est possible de suivre le déplacement des deux planètes l'une par rapport à l'autre, soir après soir.



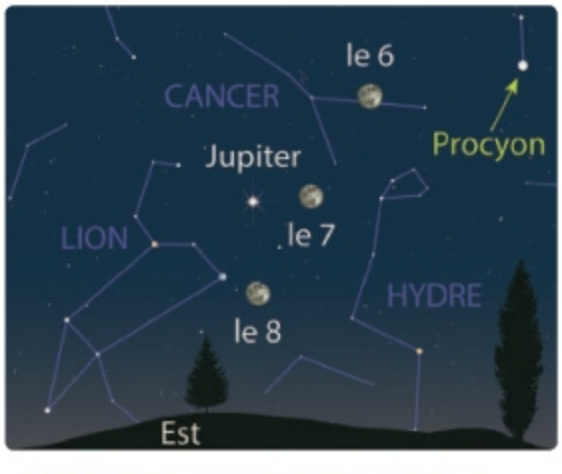
JUPITER La planète géante passant à l'opposition le mois prochain, elle se trouve dans de très bonnes conditions d'observation, visible presque toute la nuit dans le Lion. Jupiter est immanquable par son éclat qui surpasse, de loin, celui de toutes les étoiles.

SATURNE La planète aux anneaux est visible en fin de nuit, aux confins de la Balance et du Scorpion. Quand l'aube apparaît, Saturne est à une quinzaine de degrés de hauteur vers le sud-est en début de mois, et à une bonne vingtaine de degrés vers le sud en fin de mois.

L'appli du mois

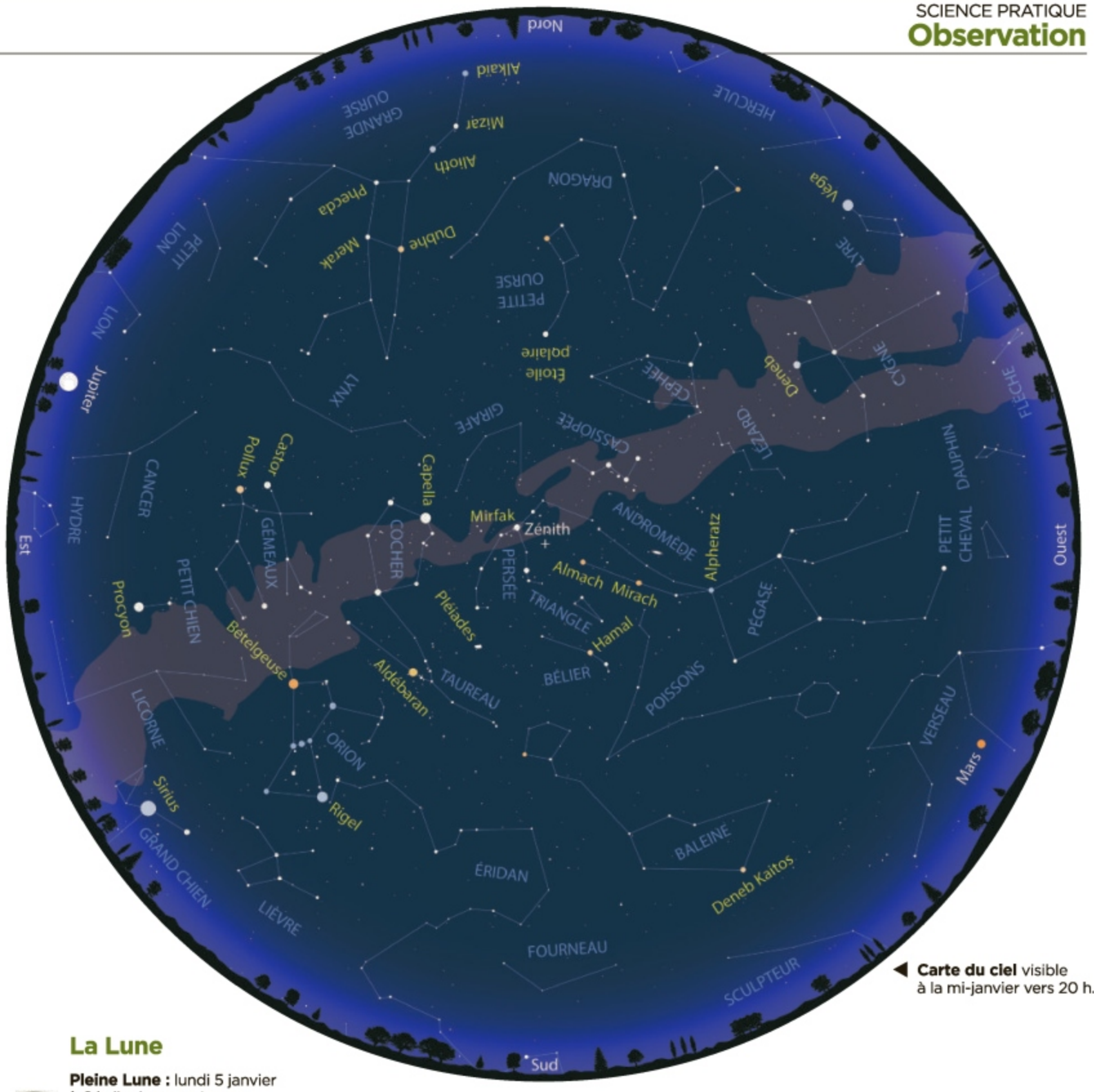
MOBILE OBSERVATORY est une application payante (4,99 €) sous Android. Outre les fonctions habituelles d'aide au pointage des objets célestes, elle regorge d'informations utiles sur les événements célestes à venir (pluies d'étoiles filantes, éclipses, rapprochements planétaires).

DIMANCHE 4, A 7 H 36 PRÉCISES, LA TERRE passe au périhélie. La distance Terre-Soleil atteint en cet instant son minimum pour 2015 et s'élève à environ 147 096 204 km.



DURANT TOUTE LA NUIT DU 7 AU 8, UNE LUNE PRESQUE PLEINE, source intense de pollution lumineuse, escorte la planète Jupiter à bonne distance. La scène est figurée ici à 23 h.

LE 16, UNE HEURE AVANT LE LEVER DU SOLEIL, LA LUNE EN DERNIER CROISSANT accompagne Saturne jusqu'au petit jour. Saturne domine alors l'horizon sud-sud-est d'environ 20°.



◀ **Carte du ciel** visible à la mi-janvier vers 20 h.

La Lune

Pleine Lune : lundi 5 janvier à 6 h (La Lune se trouve alors dans la constellation des Gémeaux).

Dernier quartier : mardi 13 janvier à 11 h (Vierge).

Nouvelle Lune : mardi 20 janvier à 14 h (Sagittaire).

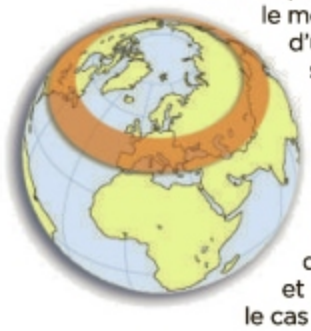
Premier quartier : mardi 27 janvier à 6 h (Bélier).

Le Soleil

(à Paris)	Lever	Coucher
1er janvier	**8 h 44**	**17 h 04**
31 janvier	**8 h 23**	**17 h 46**

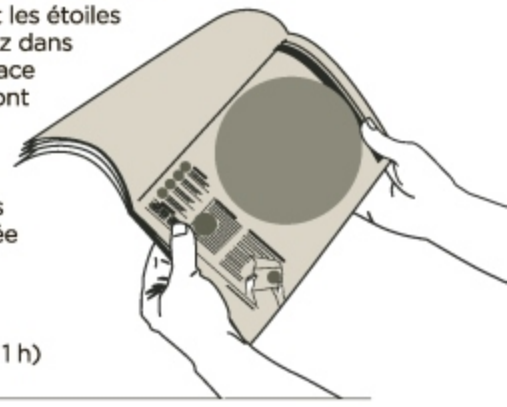
D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 47° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40 à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47e parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.



Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 1 h)

EXPOSITIONS

Bayonne (64)

L'aile ou la patte, le déplacement animal
Les grands principes qui régissent les modes de déplacement des animaux et comment ils se déclinent dans la nature : marcher, ramper, sauter, nager...
Maison des Barthes, plaine d'Ansot, jusqu'au 25 janvier. Rens. : 05.59.42.22.61.

Bordeaux (33)

Jeux vidéo, l'expo
Conçue par la Cité des sciences, cette exposition a pour vocation non seulement d'initier les non-joueurs au plaisir que procurent les jeux vidéo, mais aussi de proposer une expérience aux *gamers* avertis.
Hangar 20 — quai de Bacalan, jusqu'au 6 septembre. Rens. : 05.56.01.07.07.

Londres (Royaume-Uni)

Unlocking Lovelock: Scientist, Inventor, Maverick
Une plongée dans les archives du scientifique et inventeur britannique James Lovelock avec comme objectif de mettre en avant sa créativité, sa personnalité et son anticonformisme.
Science Museum, Exhibition Road, South Kensington, jusqu'au 9 avril. Rens. : +44 (0)870 870 4868

Louvres (95)

Gaulois d'ici et d'au-delà
À travers une présentation thématique, balayant une large période avant l'arrivée des Romains en Gaule, cette exposition évoque la vie des Parisii, peuple gaulois implanté sur un territoire rural, pratiquant l'agriculture et l'élevage.
Archéa, 56, rue de Paris, jusqu'au 17 mai. Rens. : 01.34.09.01.02.

Mulhouse (68)

La radioactivité, de Homer à Oppenheimer
Un parcours allant de la science aux usages en passant par l'histoire du phénomène et les dangers, conçu par l'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs.
Musée EDF Electropolis, 55, rue du Pâturage, jusqu'au 1er mars. Rens. : 03.89.32.48.50.

Neuchâtel (Suisse)

Émotions, une histoire naturelle
Des poils hérissés aux techniques d'imagerie cérébrale, du poulpe aux robots, un voyage dans les émotions, leur importance, leur fonctionnement et leur étude.
Muséum d'Histoire naturelle, rue des Terreaux, 14, jusqu'au 29 novembre. Rens. : +41 (0)32.717.79.60.

Paris (75)

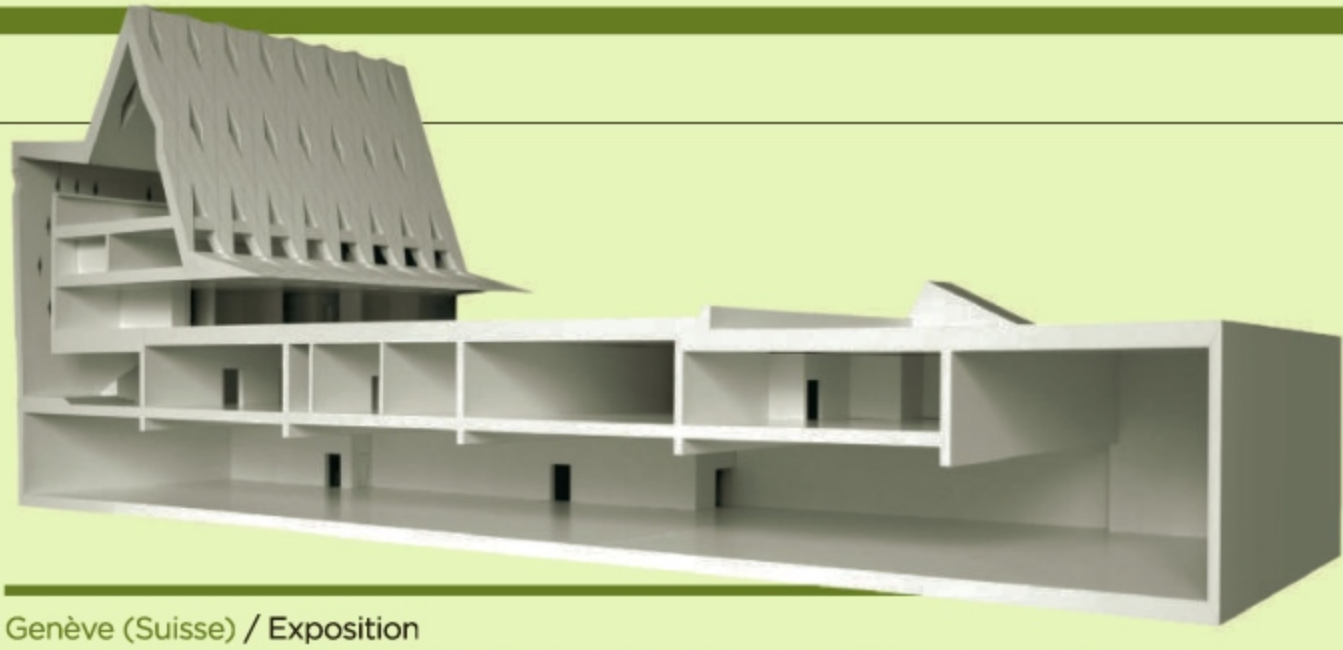
Risque, osez l'expo !
Décrypter la notion de risque, la façon dont chaque individu exerce son jugement et comment il appréhende les risques pris en commun, avec quelques expériences pour apprécier le risque et ses conséquences.
Cité des sciences et de l'industrie, 30, avenue Corentin-Cariou, jusqu'au 16 août. Rens. : 01.40.05.80.00.

Poitiers (86)

Le climat change, et nous ?
Réalisée en partenariat avec Météo France et l'université de Poitiers, cette exposition centrée sur le dernier rapport du Giec insiste sur l'impact des changements en cours sur les activités humaines, les villes et les territoires.
Espace Mendès-France, 1, place de la cathédrale, jusqu'au 4 juillet. Rens. : 05.49.50.33.08.

Tours (37)

Mammouths
Des fossiles, des reconstitutions d'animaux disparus, des spécimens naturalisés et des panneaux explicatifs pour mieux connaître l'évolution des mammouths, leur mode de vie et les causes de leur disparition.
Muséum d'Histoire naturelle, 3, rue du Président-Merville, jusqu'au 14 juin. Rens. : 02.47.64.13.31.



MUSÉE D'ETHNOGRAPHIE, GENÈVE

Genève (Suisse) / Exposition

Le musée d'Ethnographie

Inauguré le 31 octobre, le nouveau musée d'Ethnographie de Genève (MEG) tisse, dans une architecture audacieuse, des motifs inspirés d'autres cultures. Avec, en façade, un tressage métallique jouant avec le soleil et des ouvertures en losange qui impriment sur les murs intérieurs une géométrie orientale. Mais le plus impressionnant est sous terre : au deuxième sous-sol, un immense espace de 2200 m², comme une boîte noire au plafond suspendu, sans aucun pilier. C'est là que se trouvent les collections permanentes présentées en sept temps. Après un prologue qui raconte l'origine des collections, viennent 5 sections, une par continent. L'Europe — et c'est la grande originalité de ce musée — y est représentée. À quelques pas d'un étrange mannequin funéraire du Vanuatu, se trouvent ainsi des objets aussi modestes et émouvants que des boîtes à sel, des faucilles ou des quenouilles. « *Nous voulions présenter des œuvres d'art mais aussi des objets de la vie matérielle*, revendique le directeur du musée, Boris Wastiau. *L'esthétique est importante, mais pas un but en soi.* » Un dernier espace est consacré à l'ethnomusicologie.

Le nouveau bâtiment abrite 2220 m² d'expositions.

Il a fallu quatre ans de travaux pour arriver à ce beau résultat. L'ancien musée, installé dans une école primaire du XIXe siècle, se trouvait à l'étroit. Les nouveaux aménagements ont été l'occasion d'un travail de sélection parmi les 80 000 objets et les innombrables documents que possédait l'institution créée en 1901. En prime, pour sa première exposition temporaire, consacrée aux Mochicas, le MEG s'est offert une exclusivité mondiale : une centaine d'objets funéraires découverts en 2008 dans la tombe dite du seigneur d'Ucupe, prêtés par le ministère de la Culture du Pérou. **Aline Kiner**
MEG, boulevard Carl-Vogt 65-67. Rens. : + 41.22.418.45.50.

CONFÉRENCES

Nantes (44)

Le secret de la longitude
Par Olivier Sauzereau, astrophotographe et historien de l'astronomie au Centre François Viète et à l'université de Nantes.
Muséum d'Histoire naturelle, 12, rue Voltaire, le 19 janvier à 21 h. Rens. : 02.40.68.91.20

Paris (75)

Détecteurs d'ondes gravitationnelles au sol et dans l'espace
Conférence du Bureau des longitudes par Jean-Yves Vinet, astrophysicien à l'observatoire de la Côte d'Azur.
École normale supérieure, salle des Actes, 45, rue d'Ulm, le 7 janvier à 14 h 30. Rens. : 01.43.26.59.02.

Des reptiles et des mers
Par Luc Vivès, chargé de projet au Muséum, et Christine Argot, chargée de conservation des collections.
Muséum national d'histoire naturelle, Amphithéâtre des Galeries d'anatomie comparée et de Paléontologie, le 15 janvier à 17 h. Rens. : 01.40.79.56.01.

Voir le monde avec d'autres sens
Par François Moutou, vétérinaire et épidémiologiste à l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses).
Gaîté Lyrique, 3 bis, rue Papin, le 18 janvier à 15 h. Rens. : 01.53.01.52.00.

Paris / Exposition

L'éclat des ombres

DOMINIQUE LEGLU

Vous ne savez pas situer les îles Salomon ? Mais si on vous dit Guadalcanal, une réminiscence de la Seconde Guerre mondiale dans le Pacifique fait peut-être surface... Une chose est sûre, l'exposition « L'éclat des ombres » vous laissera, elle, un souvenir fort. Car les masques noir et blanc, monnaies en plumes rouges et bateaux décorés de coquillages venus de cet archipel de Mélanésie d'environ 1000 îles volcaniques ou coralliennes saisissent notre imaginaire ! Peut-être leur beauté et étrangeté tiennent-elles au pouvoir qu'ils étaient censés avoir eux-mêmes capturé : le *mana* des choses invisibles et de l'âme des défunts. Puissante force devant assurer le succès d'une pêche d'un mariage, d'une bataille... D'où le titre de l'exposition. **D. J. L.**

Musée du Quai-Branly, 37, quai Branly, jusqu'au 1er février. Rens. : 01.56.61.70.00.

Paris / Exposition

Capitaine futur

Ce *« voyage extraordinaire pour les 3 à 103 ans »* est une succession d'installations interactives, comme la balançoire accrochée dans un décor stellaire avec les étoiles qui bougent au rythme du corps pour accélérer la perception du mouvement, ou le tapis qui permet de virtuellement détruire avec ses pieds les immeubles photographiés par au-dessus. À découvrir, *Archipelago*, une œuvre imaginée par les artistes Haru Ji et Graham Wakefield, qui consiste en un tas de sable abritant une vie virtuelle. Le sable, mélangé à de l'huile, est dit cinétique : il peut être sculpté et se déplace avec des mouvements ralentis *(photo)*. Les petits organismes, projetés, représentent une chaîne trophique. Ils suivent le relief et peuvent être déplacés pour être nourris. Une façon ludique d'entrer dans la peau d'un créateur de monde virtuel. **M. N.**

VINCIANE VERGUETHEN / VOYEZ-VOUS

Gaîté lyrique, 3 bis, rue Papin, jusqu'au 8 février. Rens. : 01.53.01.52.00.

PARTENARIAT SCIENCES AVENIR

Climat et énergie : produire du renouvelable et de l'autonomie
Conférence de l'Université populaire en partenariat avec *Sciences et Avenir*, autour du thème « Révolutions invisibles : tu peux changer ta vie ». Avec la participation de Bernard Lemoult, coordinateur de la recherche sur la transition énergétique à l'École des mines de Nantes, et Pierre Radanne, ancien président de l'Ademe.
Mairie du IIe arrondissement, 8, rue de la Banque, le 20 janvier à 19 h. Rens. : 01.53.29.74.87.

Swarm — Comprendre les effets du champ magnétique
Par Mioara Mandea, expert « Terre Solide » au Cnes, et Gauthier Hulot, géophysicien à l'Institut de physique du globe.
Café du Pont-Neuf, 14, quai du Louvre, le 20 janvier à 19 h 30. Rens. : 01.56.72.18.93.

Poitiers (86)

De la signification de la phrase vers la signification de l'énoncé : une approche pragmatique expérimentale
Par Ira Noveck, du Laboratoire sur le langage, le cerveau et la cognition à Lyon.
Espace Mendès-France, 1, place de la Cathédrale, le 20 janvier à 18 h 30. Rens. : 05.49.50.33.08.

Saint-Malo (35)

L'hypnose aujourd'hui et demain
Par Claude Virot, psychiatre, directeur de l'Institut de formation et de recherche en hypnose et communication thérapeutique et président de la Société internationale d'hypnose.
Saint-Servan, théâtre de la Ville, place Bouvet, le 15 janvier à 20 h 30. Rens. : 02.23.40.66.40.

Toulouse (31)

Sauver la mémoire, le métier d'archiviste
Par Françoise Banat-Berger, directrice des Archives nationales.
Centre international de conférences de Météo France, 42, avenue Coriolis, le 15 janvier à 20 h 15. Rens. : decouvrades@science-animation.org

Vaulx-en-Velin (69)

Voyage dans les deux infinis
Par Jean-Paul Martin, directeur de recherche du CNRS à l'Institut de physique nucléaire de Lyon.
Planétarium, place de la Nation, le 14 janvier à 17 h 30. Rens. : 04.72.44.84.28.

Villeneuve-d'Ascq (59)

Manger, une affaire religieuse
Par Sophie Nizard, chercheuse associée au Centre d'études Interdisciplinaires des faits religieux.
Espace Culture - Cité scientifique, université Lille-I, le 20 janvier à 18 h 30. Rens. : 03.20.43.69.09

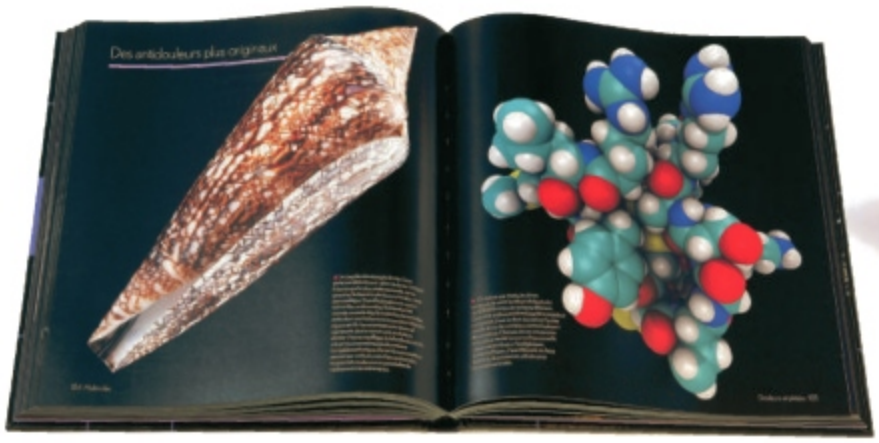
Pages en fêtes

Nature, histoire, patrimoine, sciences fondamentales et appliquées...
Une sélection d'ouvrages richement illustrés pour illuminer cette fin d'année.

ILLUSIONS

Brad Honeycutt, Hugo Image, 224 p., 19,95 €

Notre vision du monde est une matière bien subjective. Elle dépend de nos yeux, de notre cerveau, de notre expérience... Bref, elle diffère d'un individu à l'autre. *Illusions* en témoigne de manière radicale en exposant la perception d'artistes passés maîtres dans la tromperie optique. Que ce soit par le biais de la peinture, de la photographie, du photomontage ou du dessin, ils nous entraînent dans leur univers, où les repères se troublent, où notre regard n'est qu'une version parmi tant d'autres de la réalité. ■ **O. H.**



Molécules

Théodore Gray, Éditions des Victoires, 240 p., 19,95 €

Loin des paillasses austères des labos, cet ouvrage donne à voir le spectacle de la chimie au cœur de notre quotidien... et on en redemande ! Bonbons, plastique, huile de moteur, colorants ou parfums y livrent leur formule secrète. Quelles sont les molécules qui les composent ? Comment influencent-elles leurs propriétés ? Quel goût ou quelle odeur leur sont associés ? Du grain de poivre au sucre sous toutes ses formes, des fibres synthétiques comme le Kevlar aux fibres naturelles comme la soie, des arômes naturels aux molécules odorantes de synthèse, l'auteur nous entraîne dans un voyage haut en couleurs à la découverte des substances qui nous entourent. On y apprend aussi la nature des liaisons chimiques grâce auxquelles s'assemblent les briques de base — les atomes — pour former une infinité de molécules, à l'image d'un immense jeu de Lego. Pédagogique et ludique, ce beau livre très visuel rend la magie de la chimie accessible au plus grand nombre. ■ **A. B.**

LE GRAND ATLAS DE L'ASTRONOMIE

Éditions Atlas, 256 p., 39 €

Voilà un ouvrage qui raconte les objets du ciel : en s'éloignant de la Terre, système solaire, étoiles et galaxies sont présentés grâce à des photos certes époustouflantes même si elles sont un peu datées. Un dernier chapitre est consacré aux constellations pour les observateurs. Une valeur sûre néanmoins pour les férus d'astronomie. ■ **A. Kh.**

Le Lego Book

Daniel Lipkowitz, DK/Éditions Prisma, 200 p., 24,95 €

Le labo du savant fou, les robots en cavale, les moteurs monstrueux... Ne cherchez pas, ces boîtes de Lego n'existent pas. Mais chacun peut créer ces univers en suivant les indications de ce livre qui propose des dizaines d'idées à réaliser à partir des pièces de Lego existantes. Briques, bosses, tubes, poulies et charnières se combinent selon le modèle choisi, en suivant les explications détaillées Ainsi, si une tête de géant réunit des tuiles rondes pour les joues et des tuiles pentues pour les dents, celle d'un robot assemble plutôt des plaques carrées. ■ C C.

FRANK GEHRY

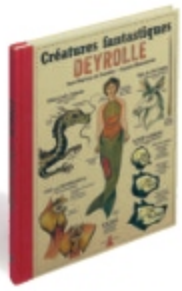
Sous la direction d'Aurélien Lemonier et Frédéric Migayrou, Centre Pompidou, 256 p., 42 €

Frank Gehry incarne à lui seul l'architecture contemporaine. Musée Guggenheim à Bilbao ou Fondation Louis-Vuitton dans le bois de Boulogne... Ce catalogue d'exposition est une rétrospective de son œuvre majeure décryptée par les meilleurs spécialistes. ■ **C. C.**

Mort ou vif. Chronique d'une taxidermie contemporaine

Jack Thiney, photographies Jacques Vekemans, La Martinière, 192 p., 45 €

Pouvait-on rêver plus bel hommage ? Ce livre magnifie le métier de taxidermiste, en faisant défiler tout à la fois l'histoire de l'institution vieille de quatre siècles qu'est le Muséum national d'histoire naturelle et un savoir-faire qui en sublime les intentions. Les collections d'animaux naturalisés, héritières des anciens cabinets de curiosités et de l'inventivité des pionniers de la zoologie, recèlent des trésors historiques. Jokho, le chimpanzé de Buffon, conservé selon une technique encore primitive, y côtoie le rhinocéros de Louis XV, le cerf du père David, à l'œil si vif, ou Zarafa, la girafe de Charles X. Photographiés sur fond noir tels des objets précieux par un artiste qui a suivi un an durant le travail au Muséum du grand spécialiste de taxidermie Jack Thiney, ces animaux retrouvent la grâce du vivant. Et les lecteurs apprécieront la révélation d'un univers complexe sous-tendu par le mystérieux et immémorial désir de l'homme de ravir la vie à la mort. ■ **A. De B.**



CRÉATURES FANTASTIQUES DEYROLLE

Jean Baptiste de Panafieu, Camille Renversade, Plume de Carotte, 124 p., 29,90 €

Un bestiaire fantastique sur les licornes, dragons, yétis, sirènes et loups-garous..., traités à la façon des planches Deyrolle. Frissons et sérieux garantis. ■ **R. M.**

OISEAUX DE PARADIS

Tima Laman, Edwin Scholes, Delachaux et Niestlé, 227 p., 39 €

C'est une merveille. Huit ans d'expéditions scientifiques et photographiques à la poursuite des oiseaux de paradis aboutissent à de sublimes portraits de ces bijoux bariolés aux formes infinies. ■ **A. De B.**

DVD

LA FÊTE SAUVAGE

Frédéric Rossif, Studio Canal, 2 DVD et un livret, 93 min, 80 p., 22,99 €

Ce film de 1976 a inauguré une nouvelle manière de filmer les animaux. Parfois expérimental, utilisant de rares commentaires, il puise son inspiration dans l'expressionnisme allemand ou le cinéma russe, joue sur les effets de montage, les rimes visuelles, des gros plans quasi abstraits et d'impressionnants ralentis réalisés à la caméra haute vitesse. ■ **A. D.**

Lunes de miel

Jacques Ioset, Salamandre, 160 p., 45 €

Un charme à la fois grandiose et intime se dégage de cet ouvrage consacré à l'ours brun. Vingt ans durant, le naturaliste photographe Jacques Ioset a planqué dans une somptueuse forêt des Balkans à l'affût des plantigrades. Y compris de nuit, lorsque l'omnivore rôde, plus insaisissable que jamais. Fasciné par les clairs de lune, Jacques Ioset a su rendre les ombres et les lumières, captant la découpe d'une échine puissante, les arrondis d'oreilles velues ou d'une patte dans l'obscurité. Il a aussi bien tiré le portrait attachant de grands solitaires que saisi des scènes de famille. Les droits d'auteur du livre seront consacrés à la plantation d'arbres fruitiers pour les ours. ■ R. M.

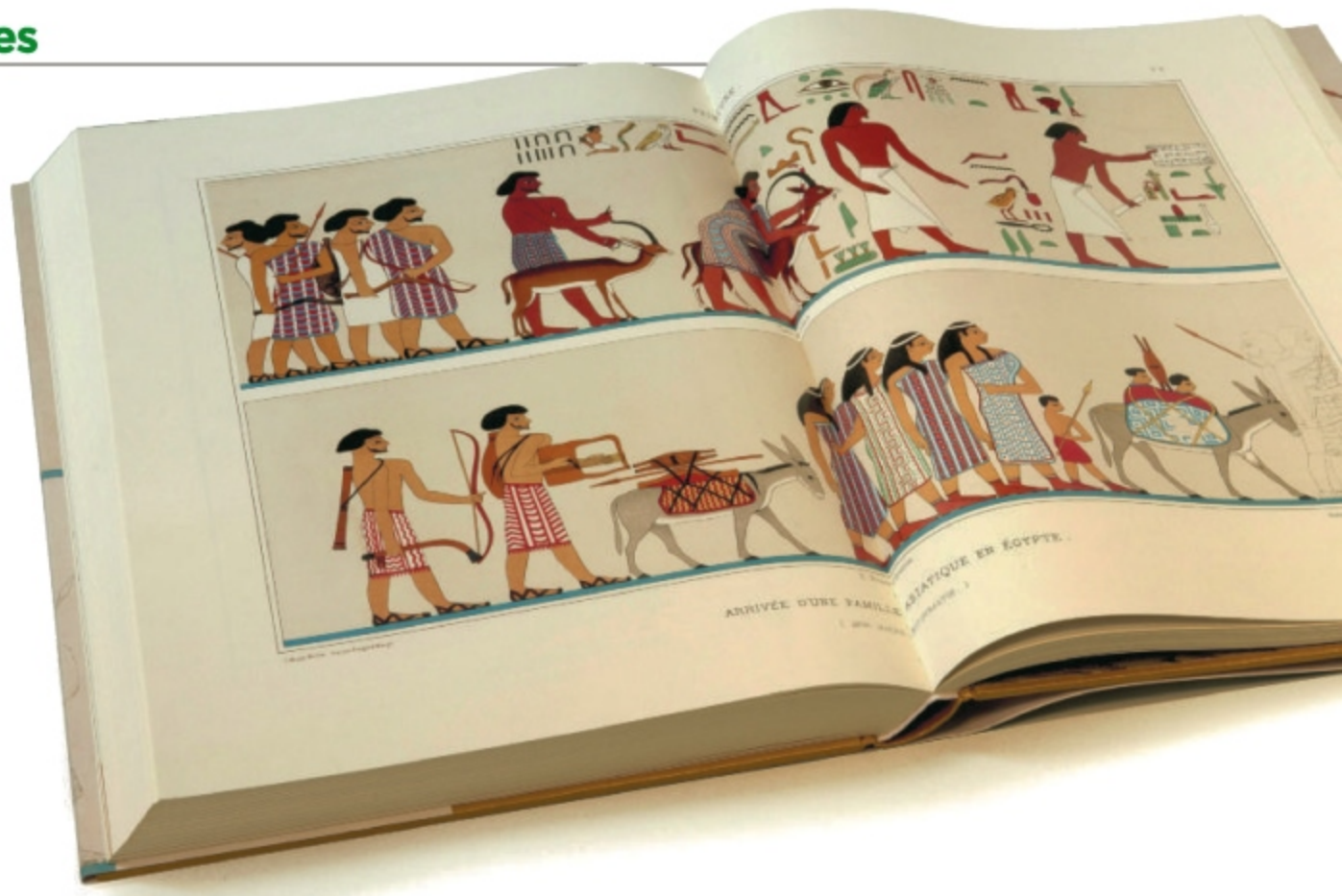
PLAIDOYER POUR L'ARBRE. PLAIDOYER POUR LA FORÊT TROPICALE

Francis Hallé, Actes Sud, 212 p. chaque, 59 €

La réédition en coffret de deux livres majeurs du botaniste Francis Hallé sur l'arbre et la forêt primaire, ressources inestimables. Au final, un plaidoyer pour l'homme. ■ **R. M.**

PHOTOS : BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

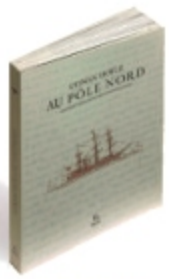
Spécial beaux livres



Art égyptien

Émile Prisse d'Avennes, Taschen, 424 p, 99,99 €

C'est un livre hors normes, tant par son poids (1 kg), son format (31,4 x 43,5 cm), que son contenu. Pour la première fois, on peut admirer l'extraordinaire collection des 159 planches d'architecture, de peinture, et de sculptures de l'orientaliste français Émile Prisse d'Avennes (1807-1879). Voyageur impénitent, assoiffé d'aventures, pendant quarante ans, Prisse d'Avennes, sous le nom d'Edris Effendi, a exploré l'Orient et l'Égypte, pour en rapporter des centaines de croquis, dessins et photographies. Sans doute influencé par la campagne de Bonaparte et les volumes de la *Description de l'Égypte*, il a représenté les édifices, détails architecturaux, bas-reliefs, ornementations, et aquarelles en utilisant le canon des proportions des anciens Égyptiens. Il s'agit du plus grand ensemble d'illustrations consacré à l'art égyptien réalisé par une seule et même personne. Un ouvrage d'exception publié en trois langues : français, anglais et allemand. ■ **B. A.**



CONAN DOYLE AU PÔLE NORD

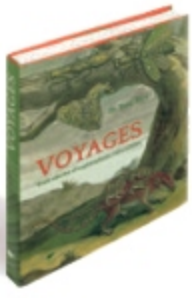
Éditions Paulsen, 191 p., 25 €

Une jolie réussite éditoriale. Le journal du jeune Conan Doyle à bord d'un baleinier était inédit en France. Enrôlé comme médecin, il raconte et croque brillamment son aventure. ■ **A. De B.**

L'EMPIRE CÉLESTE

Ferry Bertholet et Lambert van der Aaalsvort, La Martinière, 224 p., 49,95 €

Tout en nuances de sépia et noir et blanc, puissamment évocatrices, les photos retrouvées par des auteurs passionnés nous entraînent au cœur d'une Chine enfouie dans le passé. ■ **A. De B.**



VOYAGES. TROIS SIÈCLES D'EXPLORATION NATURALISTE

Tony Rice, Delachaux et Niestlé, 336 p., 45 €

Cook dans les mers du Sud, Darwin aux Galapagos... Les expéditions engagées depuis le XVIIe siècle trouvent dans cet ouvrage à l'iconographie richissime un écrin somptueux. ■ **A. De B.**

Vitrail, Ve-XXIe siècle

Sous la direction de Michel Hérold et Véronique David, Éd. du Patrimoine, CMN, 592 p., sous étui, 150 €

Dans le pays du monde le plus riche en vitraux, aucune synthèse sur l'histoire de ce matériau n'avait été publiée à ce jour. Par ses illustrations magistrales, cet ouvrage nous fait découvrir à travers de nouvelles perspectives, l'histoire du vitrail, de ses origines à ses manifestations les plus contemporaines, en passant par les peintres verriers du haut Moyen Âge, ceux de la Renaissance, ou de l'ère industrielle, pour un art, qui, au même titre que celui des peintres ou des enlumineurs, était aussi vu selon les époques, comme un service divin. ■ B. A.

TRÉSORS DU QUAI D'ORSAY

Marc Lambron et Jean-Philippe Dumas, Flammarion, 288 p., 39 €

Afrique, Asie, Orient... Avec un fonds iconographique de plus de 400 000 photos, c'est un siècle d'archives de la présence diplomatique française dans le monde qui est rassemblé ici. ■ **B. A.**

LE CIEL ET L'ESPACE

Anne Lesterlin, Milan, 38 p., 17,90 €

Réalisé avec le Centre national d'études spatiales, cet atlas illustré fait découvrir aux astronomes en herbe l'histoire des étoiles et des planètes et de la conquête spatiale. Grâce à une application smartphone, ses infographies prennent vie et donnent accès à des suppléments photo et vidéo. À partir de 8 ans. ■ **A. B.**

VOYAGE DANS LA LUNE AVANT 1900

A. de Ville d'Avray, Actes Sud Junior, 104 p., 21 €

M. Baboulifiche, lisant qu'en 1900 on pourra voir la Lune à 1 mètre, se demande s'il ne lui serait pas possible de mieux faire et se propose d'y aller incognito. Suivent d'extraordinaires aventures, contées avec un charme désuet dans cette réédition d'un livre illustré du XIXe siècle qui fera rêver petits et grands. ■ **A. B.**

Marvel, 75 ans d'art et de couvertures

Roy Thomas, Josh Baker, Taschen, 712 p., 150 €

Si le nom de Marvel n'évoquait pas grand-chose à la majorité des Français voilà encore dix ans, les choses ont bien changé depuis que l'éditeur américain de *comics* a lancé sa branche cinéma. Iron Man, Captain America et Hulk sont désormais connus de tous. Pour célébrer les trois générations de Marvel et son aréopage de super-héros, Taschen sort un luxueux (et dispendieux) volume contenant près de 2000 images et les biographies des 300 et quelques artistes, dont les fameux Stan Lee, Jack Kirby et Steve Ditko, qui ont fait le succès de la firme depuis 1939. En prime, une frise chronologique en accordéon détachable de 1,20 m de long. ■ **H. R.**

Le Monde des dinosaures

Pierre Jouventin, Libre et Solidaire, 230 p., 22,50 €

Un Américain découvre, en triant les affaires familiales, que son grand-père Edward a été un chasseur de fossiles de dinosaures dans l'Ouest. Et qu'il en a perdu l'esprit, s'imaginant, à la fin, traquer des créatures vivantes. Partant de ce honteux secret de famille et des carnets de son aïeul, Archie Blackwell se passionne pour la paléontologie et reconstitue l'histoire du monde perdu des grands dinosaures. À commencer par les terreurs célèbres comme le *Tyrannosaurus rex*, dont la gueule dentée s'étale sur une quadruple page dépliante. Mais place est faite aussi au *Spinosaurus* semi-aquatique, probablement le plus gros prédateur que la Terre ait jamais porté. Les reconstitutions, confiées à l'illustrateur Andrew Kerr, sont saisissantes et colorées. Les pages sur l'anatomie claires et attrayantes. La vie sociale de ces reptiles — soins parentaux, chasse en bande — bien documentée. Un ouvrage à recommander à partir de 9 ans. ■ **R. M.**

COMMENT ÇA MARCHE, AVIONS ET HÉLICOPTÈRES

Nick Arnold, Gallimard Jeunesse, 32 p. et un coffret, 19,95 €

Grâce à un fascicule ludique illustré de schémas et d'exemples issus de l'histoire de l'aviation, les plus jeunes pourront s'initier aux lois de l'aérodynamique. Des notions qu'ils mettront ensuite en pratique en construisant leurs propres maquettes d'avion ou d'hélicoptère. De 8 à 12 ans. ■ **A. B.**

L'INFO SCIENTIFIQUE EN CONTINU
sciencesetavenir.fr
DISPONIBLE SUR IPHONE/ IPAD, ANDROID ET TOUS LES SMARTPHONES

TENDANCE 2.0

Survol interdit. Les drones pullulent — peut-être même en trouverez-vous un sous le sapin de Noël. Pourtant, il est des endroits où ces aéronefs ne sont pas les bienvenus. Au-dessus des centrales nucléaires par exemple ! Depuis début octobre, plusieurs sites ont été survolés en France (*voir* S. et A. *n° 814*). Quels risques font vraiment peser les machines volantes sur ces installations stratégiques ?

DENIS CLOSON/SOPA/SIPA

Le 24 novembre, un panel d'experts a fait le point sur la réalité de cette menace. Conclusion de cette réunion publique organisée par l'Office parlementaire des choix scientifiques et technologiques ? Il existerait des *« signatures optiques ou radars »* qui permettraient de détecter les intrus. Les détails sont à lire sur notre site. **O. L.**
http://sciav.fr/815drone

DAMIEN HYPOLITE

Combien de calories contient votre boisson favorite ?

INFOGRAPHIE. Le calculateur élaboré par *Sciences et Avenir* permet de savoir combien de calories contient un verre de jus d'orange, de soda ou d'alcool ainsi que l'activité physique nécessaire pour les éliminer. Cet outil inédit s'appuie notamment sur les données d'un rapport de la Royal Society for Public Health. L'organisme britannique y relève notamment que *« autour de 10 % des calories ingurgitées par un adulte proviennent de sa consommation d'alcool »*. Quant aux sodas, les Français en sont de plus en plus adeptes : notre consommation annuelle était de 66 litres par personne en 2011, contre 57 l en 2006.
http://sciav.fr/815calcul

LES ARTICLES LES PLUS LUS

ESPÉRANCE DE VIE
Santé. Elle a nettement progressé dans l'Union européenne depuis les années 1990. Cependant, de fortes disparités persistent entre les pays.
http://sciav.fr/815vie

FUSION DE TROUS NOIRS
Espace. Cette vidéo conçue à l'université Cornell (États-Unis) montre la spirale provoquée par la rencontre entre deux trous noirs, qui finissent par n'en former qu'un.
http://sciav.fr/815espace

LA LOI DE L'ÉLÉPHANTEAU
Animaux. Ce petit éléphant échappe aux griffes d'une bande de lionnes l'ayant pris en chasse. Des images rares tournées en Zambie.
http://sciav.fr/815lion

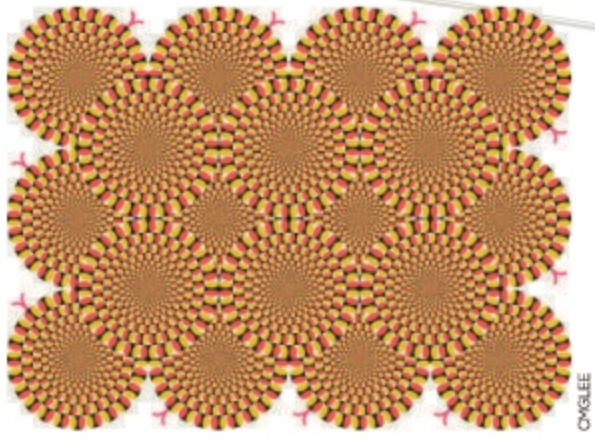
RETROUVEZ-NOUS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

MARY EVANS/SIPA

VIDÉO. LA BAUDROIE DES ABYSSES
Impressionnante dans un bocal du British Museum. Mais filmée dans son milieu naturel, à -580 m, elle est tout simplement terrifiante ! http://sciav.fr/815baudroie

O. LASCAR

BLOG DESSINS http://sciav.fr/olascar



OMGLEE

IMAGE. ILLUSION D'OPTIQUE
Certaines images amènent notre cerveau à de fausses interpréations. Ces illusions permettent de mieux comprendre notre perception du monde. http://sciav.fr/815illusions

MOULIN ROUGE® PARIS

Féerie

LA REVUE DU PLUS CÉLÈBRE
CABARET DU MONDE !

DINER ET REVUE À 19H À PARTIR DE 185 €
REVUE À 21H ET À 23H À PARTIR DE 102 €.

THE SHOW OF THE MOST FAMOUS
CABARET IN THE WORLD !

DINNER & SHOW AT 7PM FROM €185
SHOW AT 9PM & 11PM FROM €102

MONTMARTRE
82, BLD DE CLICHY - 75018 PARIS
TEL : 33(0)1 53 09 82 82

WWW.MOULIN-ROUGE.COM
FACEBOOK.COM/LEMOULINROUGEOFFICIEL

© Bal du Moulin Rouge 2014 - Moulin Rouge® - 1-1028499
© Cécille

MUSÉE DU **QUAI BRANLY**

là où dialoguent les cultures

DERNIERS JOURS

MAYAS

RÉVÉLATION D'UN TEMPS SANS FIN

#Mayas

www.quaibranly.fr

Exposition
jusqu'au 08/02/15

MÉXICO | SHCP | SEP | CONACULTA | 75 INAH

m-ticket - FNAC Tick&Live - Fnac 0 892 684 694 (0,34 €/minute) www.fnac.com - Ticketnet 0 892 390 100 (0,34 €/minute) www.ticketnet.fr - Digitick 0 892 700 840 (0,34 €/minute) www.digitick.com

La Reine d'Uxmal © Museo Nacional de Antropología, photo Ignacio Guevara, Mexico, Mexique